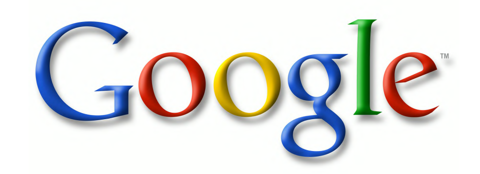
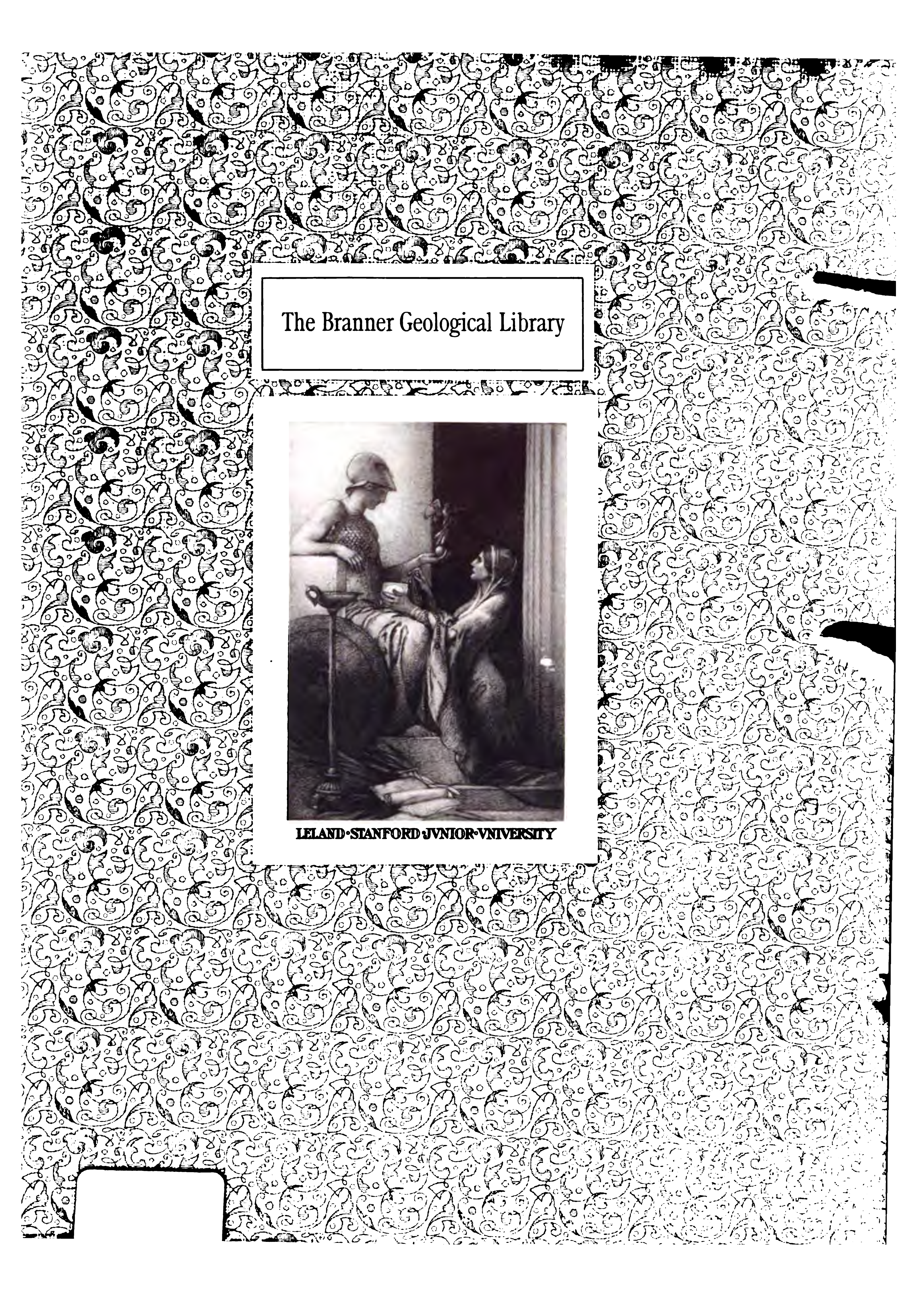
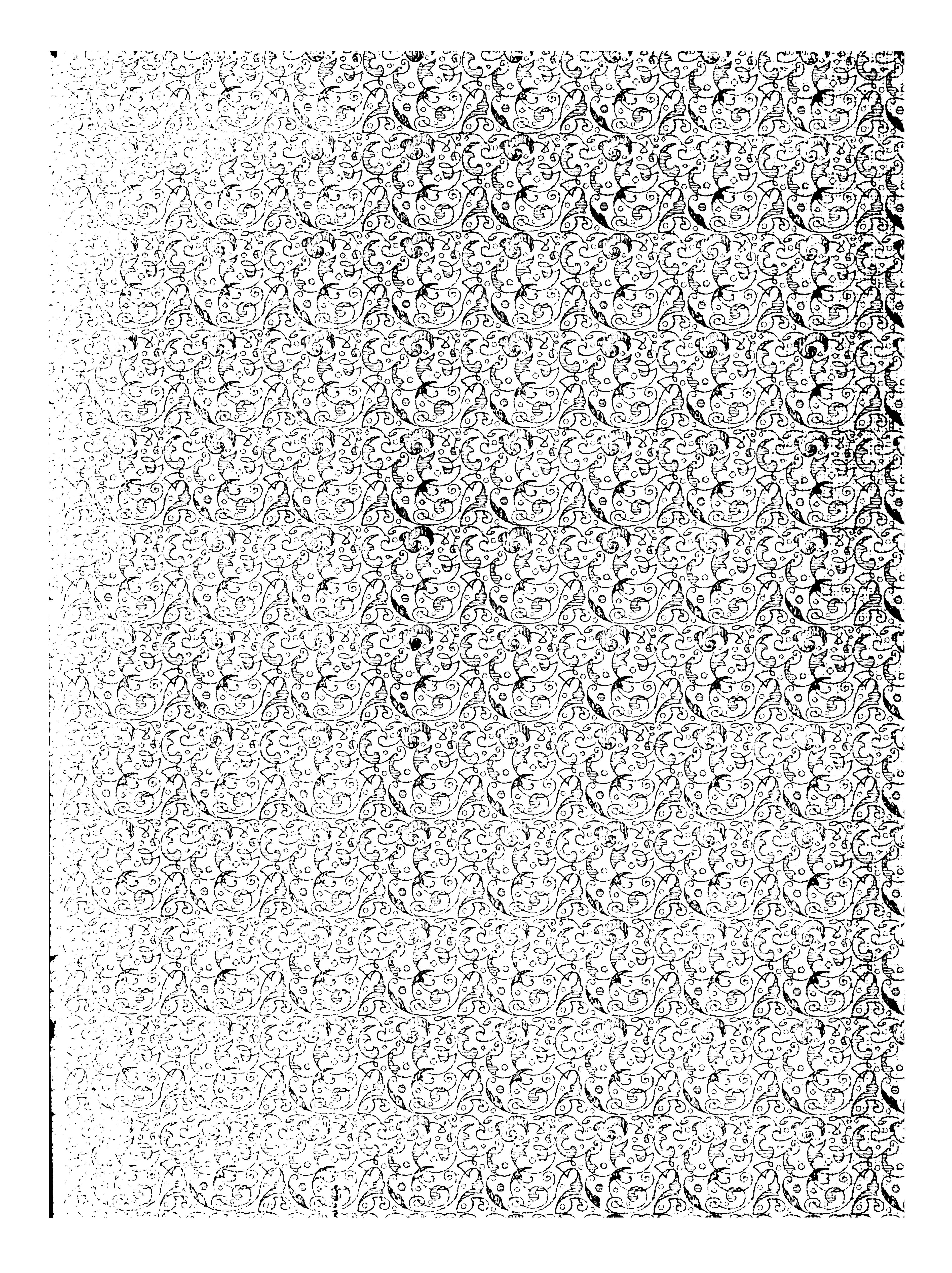
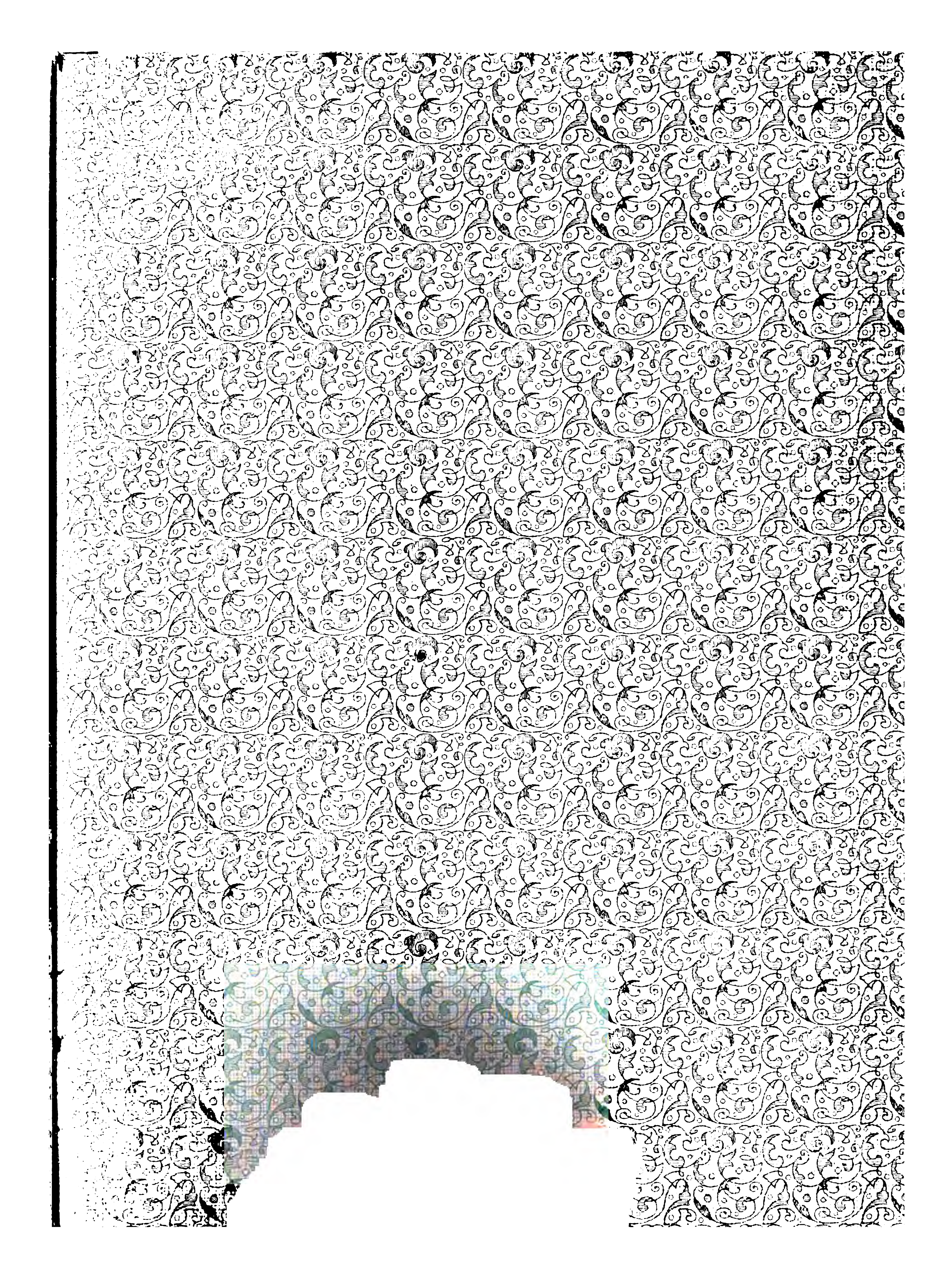





The Branner Geological Library
LELAND·STANFORD·JVNIOR·VNIVERSITY







THIS IS 1 OF THE 1 YOU FOUND IN THE CATALOG

NOS

550.6 .B912M V.1-4 Bran Stor

Author	:Salâee, Achille.
Title	:Contribution áa l'âetude des polypiers du calcaire carbonifáere de la Belgique. Le genre Caninia, par Achille Salâee.
Imprint	:Bruxelles, Hayez, 1910.
Physical Description	:62 p. IX pl. 33 cm.
Series	:(Nouveaux mâemoires de la Sociâetâe belge de gâeologie, de palâeontologie et dâhydrologie (Bruxelles) Sâerie in 4ê. Mâemoire no 3, 1910)
Notes	:"Mâemoire Couronnâe au Concours interuniversitaire des sciences minâerales de 1910, publiâe sous les auspices du Ministáere des sciences et des arts."
Notes	:"Bibliographie": p. 9-12.
Subject (LC)	:Caninia.
Subject (LC)	:Paleontology--Carboniferous.
Subject (LC)	:Paleontology--Belgium.
Series	:Nouveaux mâemoires de la Sociâetâe belge de gâeologie, de palâeontologie et d'hydrologie (Bruxelles). Sâerie in 40. Mâemoire ; no 3, 1910

(Displaying 1 of 1 volumes)

EARTH-SCI	CALL NUMBER	COPY	MATERIAL	LOCATION
1	550.6 .B912M V.1-4 0/0	1	STKS	STACKS

Missing

The actual physical piece

Both vols to Anusha

J. C. Branner

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — FASCICULE N° 1, 1903

LES CAUSES D'ERREUR

DANS

L'ÉTUDE DES EMPREINTES VÉGÉTALES

PAR

CH. BOMMER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
CONSERVATEUR AU JARDIN BOTANIQUE DE L'ÉTAT

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

—

1903

LES CAUSES D'ERREUR

DANS

L'ÉTUDE DES EMPREINTES VÉGÉTALES (*)

PAR

CH. BOMMER
Professeur à l'Université libre de Bruxelles
Conservateur au Jardin botanique de l'État

Les végétaux fossiles, tels qu'on les recueille, ont subi des modifications plus ou moins profondes dans leur forme et dans leur structure primitives.

Lorsqu'il s'agit de plantes à tissu minéralisé, les échantillons sont souvent conservés intégralement dans leurs moindres détails. Les végétaux que l'on trouve à l'état de lignite peuvent aussi présenter une conservation remarquable.

Malheureusement, ces spécimens si favorables pour l'étude sont rares, et dans la très grande majorité des cas, les plantes fossiles nous parviennent sous forme d'empreintes dépourvues de toute trace d'organisation. Ces vestiges reproduisent souvent avec la plus grande fidélité les caractères extérieurs des végétaux dont ils proviennent; aussi les a-t-on, en général, rangés dans les divisions de la flore actuelle ou même identifiés avec des types vivants.

L'étude des empreintes végétales exige cependant une grande réserve et un esprit critique toujours en éveil.

Les caractères que nous distinguons dans les êtres organisés sont de valeur inégale. Les uns, les plus importants, sont ceux qui, par la constance de leur groupement, donnent aux espèces ou aux groupes d'ordre quelconque, leur person-

(*) Ce travail est le développement d'une communication faite à la Société belge de Géologie, d'Hydrologie et de Paléontologie dans sa séance du 29 novembre 1898.

nalité; les autres, que l'on peut dire secondaires, en variant dans leur mode d'association, constituent la variabilité soit des groupes d'ordre divers, soit des individus.

Les caractères isolés ou en nombre trop restreint sont donc insuffisants pour classer un organisme. Il est, de plus, nécessaire de donner aux différents caractères dont on se sert dans ce but, leur valeur intrinsèque. Tous les caractères sont utilisables lorsqu'on leur attribue cette valeur.

Si, pour classer un organisme, on ne peut se servir que de ses caractères extérieurs, comme c'est le cas pour les empreintes des végétaux fossiles, on conçoit combien cette pénurie d'indications peut engendrer d'erreurs souvent inévitables.

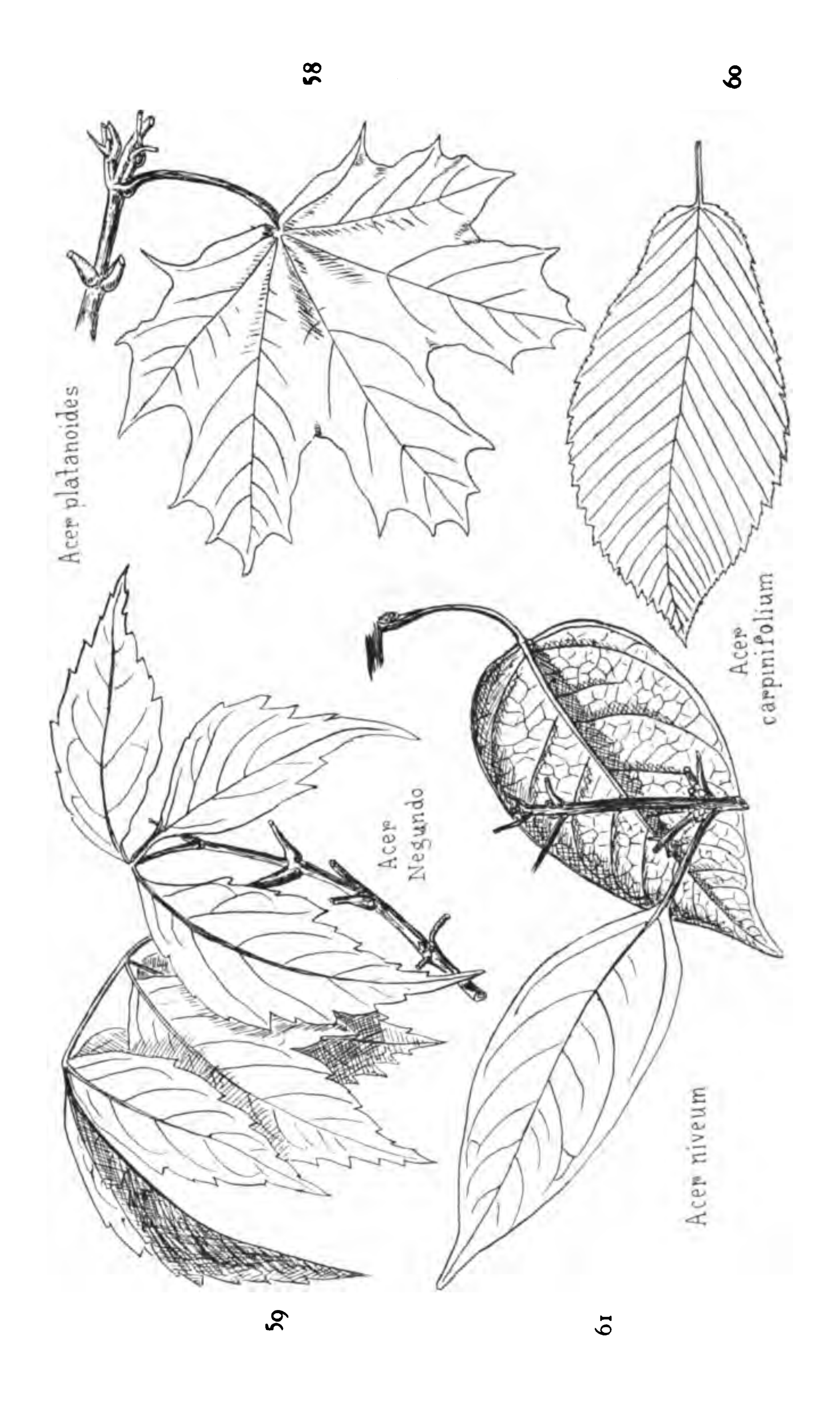
Les exemples, si nombreux, de variabilité des caractères que nous offre la flore actuelle, démontrent qu'il est à peu près impossible de déterminer avec une complète certitude la plupart des végétaux fossiles conservés à l'état d'empreintes. Cette remarque s'applique spécialement à ceux qui ne sont représentés que par des débris de leur appareil végétatif. Ce dernier présente, en effet, un minimum de caractères de premier ordre, car il subit au plus haut degré l'influence des conditions de milieu, se traduisant par le développement des caractères variables.

Il est une autre source d'erreurs sur laquelle il importe aussi d'appeler l'attention. On éprouve généralement quelque difficulté à concevoir dans leur plein développement, les concepts que représentent les mots. Chacun applique un terme donné à des cas spéciaux très étroitement déterminés, en lui attribuant une représentation objective qui lui est familière pour des raisons toutes personnelles. Les botanistes, par exemple, ont une tendance à se représenter les différentes familles de plantes comme caractérisées par les genres et les espèces qu'ils connaissent le mieux et auxquels ils donnent ainsi une valeur souvent très exagérée, car une famille doit évoquer l'idée d'un ensemble de formes et non celle de certaines formes seulement.

Cette remarque s'applique surtout à la Paléontologie. On a, en effet, étudié les flores fossiles par comparaison avec la flore actuelle. Les différents groupes qui composent cette dernière étant, dans beaucoup de cas, caractérisés d'une manière arbitraire et incomplète dans la botanique classique, les paléontologistes, souvent trop peu botanistes, ont laissé dans l'ombre les formes qui s'écartaient de ces types trop exclusifs. Or, les espèces les moins connues sont souvent celles qui, par leurs caractères aberrants ou peu tranchés, pourraient faire soupçonner des confusions possibles entre des familles ou des genres différents par l'atténuation ou par l'absence de caractères considérés parfois abusivement comme typiques.

Supposons, par exemple, que l'on étudie les Érables fossiles dans des échantillons où ils ne seraient représentés que par des feuilles, ainsi qu'on les rencontre le plus généralement.

Si l'on choisit comme terme de comparaison les espèces vivantes à feuilles palmatilobées, telles qu'*Acer platanoïdes,* il est assez aisé de déterminer les représentants éteints du genre. Si l'on tient compte des feuilles multipartites d'*Acer Negundo*, les identifications sont déjà moins sûres; elles deviendront enfin impos-



POLYMORPHISME DE LA FEUILLE DANS LE GENRE *ACER*.

sibles dès que l'on envisage les espèces à feuilles entières soit à marge dentée, comme *Acer carpinifolium*, soit à marge entière, ainsi qu'*Acer niveum*, appartenant à la flore tropicale. Les deux dernières formes s'écartent totalement du type palmatilobé, qui nous est le plus familier, parce qu'il habite les régions tempérées.

Il se peut fort bien, il est même probable, que le genre *Acer* ait été représenté par des formes fossiles analogues aux espèces tropicales actuelles. On devra certainement commettre à leur égard des confusions regrettables, car il n'est pas possible de distinguer leurs feuilles de celles qui appartiennent à des plantes de genres et même de familles fort différents.

Les variations d'une même espèce peuvent aussi dérouter complètement le botaniste qui ne disposerait que de la série de caractères fournie par les feuilles, ainsi que le prouve l'exemple des variations de *Pseudo-panax crassifolium* (pl. I).

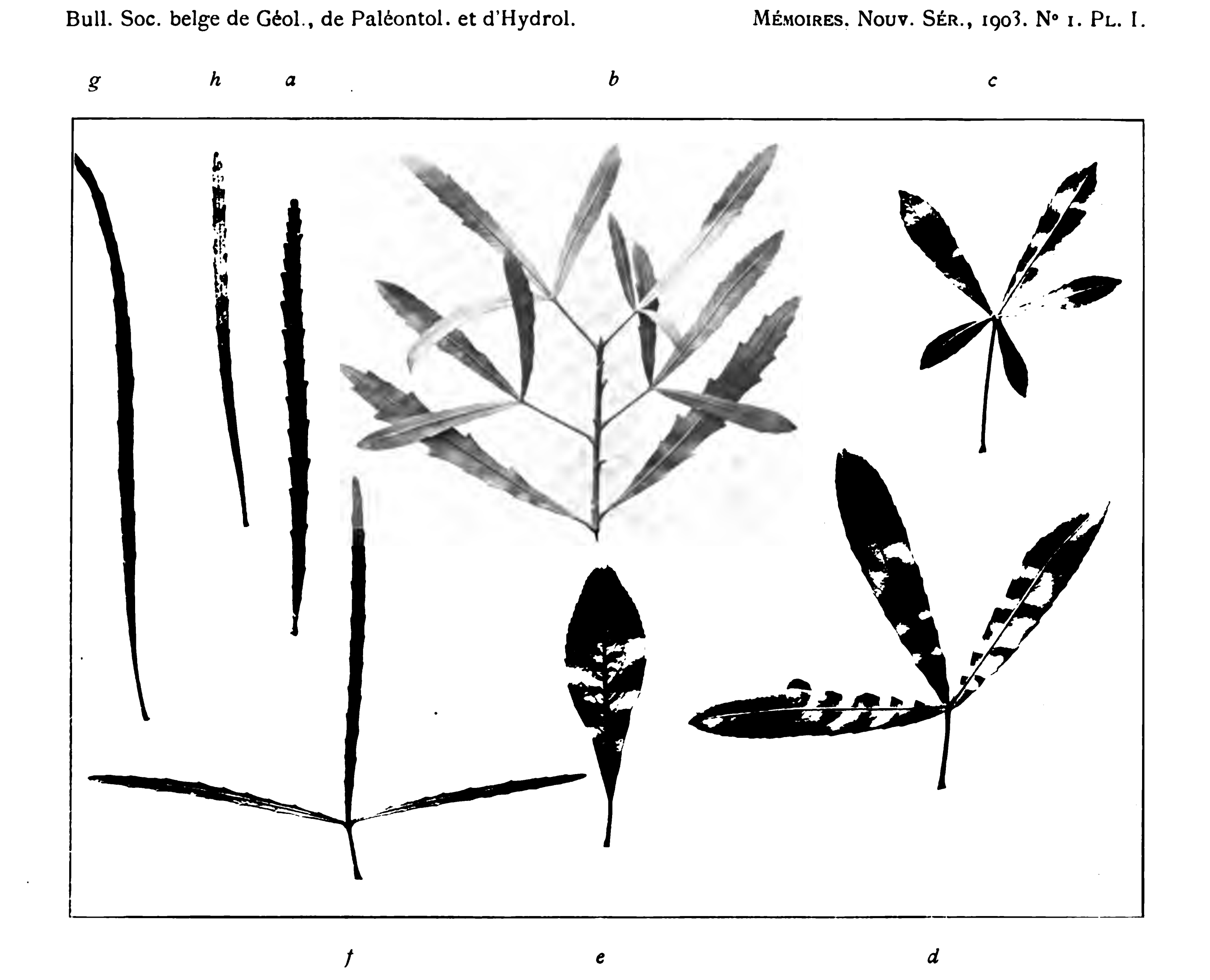
L'espèce type dont une forme est représentée en (*a*), produit une variété horticole *Pseudo-panax crassifolium* var. *trifolium* (*b*) qui s'écarte considérablement du type. Les graines produites par des plantes appartenant à cette variété sont susceptibles de donner naissance à des individus se distinguant par des différences de feuillage très marquées. Chez certains d'entre eux, les modifications du type spécifique originel s'accentuent (*c*), tandis que chez les autres elles tendent à s'atténuer (*d, f*) ou même à s'effacer complètement par retour aux deux formes de feuilles les plus fréquentes dans l'espèce type (*e* et *g*, *h*). Cette double tendance dans la variation des rejetons d'une forme type modifiée est particulièrement frappante dans l'exemple actuel.

Les caractères tirés de l'appareil reproducteur sont également susceptibles d'induire en erreur dans la délimitation des espèces, lorsqu'on ne possède pas des séries étendues d'échantillons. Un même arbre, suivant son état de vitalité, produit des fruits d'un caractère très différent. L'exemple figuré (pl. II) est emprunté à un sujet de *Pinus excelsa* en voie de dépérissement. La figure *a* représente une branche de la cime, la figure *b* une branche de la base de l'arbre à développement normal.

Les causes d'erreur si multiples auxquelles sont exposés les paléontologistes ont été indiquées depuis longtemps, notamment dans les traités classiques de Solms Laubach (1) et de Schenk (2), ainsi que dans beaucoup de travaux spéciaux. Il semble cependant que l'on n'ait pas suffisamment attiré l'attention sur ce point, à considérer une grande partie des descriptions, même les plus récentes. Dans tout traité de Paléontologie, il faudrait consacrer un chapitre spécial à l'examen de cette question, ainsi que l'a fait Seward (3) dans son *Manuel de botanique fossile* en cours de publication.

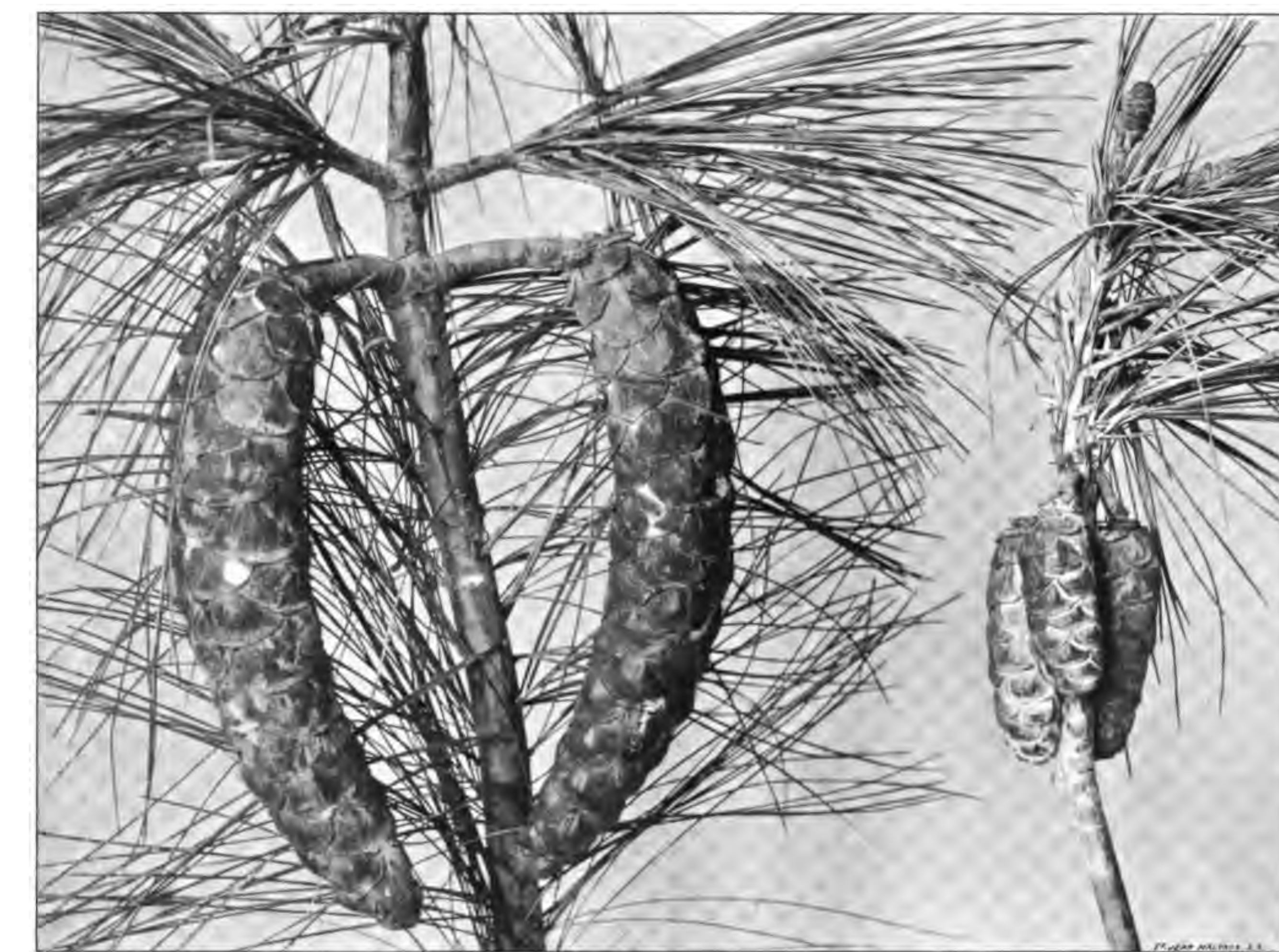
Il est d'autant plus regrettable de constater l'insuffisance de l'examen critique dans l'étude des végétaux fossiles, que leur nature fragmentaire ou la défectuosité de

(1) Voir Bibliographie.



VARIATION DES CARACTÈRES DANS L'ESPÈCE.

48. Pseudo-panax crassifolium.



F. Verstraeten, phot.

VARIATION DES CARACTÈRES DANS L'INDIVIDU.

10. PINUS EXCELSA.

leur conservation augmente toujours, dans une très large mesure, la difficulté des déterminations. Le paléontologiste ne peut le plus souvent interroger que les ruines des faunes et des flores disparues. Il est rare, très rare même, que l'on possède à la fois l'appareil végétatif et l'appareil reproducteur d'une plante fossile en connexion directe. Or, il n'est possible de classer définitivement que les types pour lesquels cette connexion existe, car on ne possède que pour eux seuls des indications comparables à celles qui servent à classer les formes vivantes.

En Paléontologie, de même que dans les sciences descriptives en général, on est toujours exposé à souffrir de l'encombrement résultant du nombre sans cesse croissant des documents étudiés. C'est un motif de plus pour fixer exactement la valeur des matériaux en se gardant de leur attribuer une importance supérieure à leur signification réelle.

En raison même de la portée des théories que les naturalistes édifient sur les reliques du passé, on comprend toute la gravité des erreurs dans l'appréciation des documents, et combien il faut se garder d'y trouver non ce qu'ils peuvent donner, mais ce qu'on voudrait y voir.

Une conséquence nécessaire de l'incertitude qui domine l'étude des végétaux fossiles, est la nécessité de leur appliquer une nomenclature qui leur soit appropriée.

Pour être logique et vraiment utile, une nomenclature doit refléter exactement le degré de connaissance qu'on possède sur les organismes qu'elle sert à désigner.

En Paléontologie, on a souvent à étudier des matériaux extrêmement défectueux. Les rejeter absolument serait cependant excessif, car tout document possède sa valeur propre ; mettre en lumière cette valeur, doit être le but de celui qui le décrit. Les documents que nous fournissent les flores disparues peuvent être utilisables à des points de vue divers. Abstraction faite de leur signification botanique, qui est évidemment la plus importante, il ne faut pas oublier que les fossiles ont également une grande importance géologique. Des vestiges quelconques peuvent rendre les plus grands services pour identifier les terrains et établir leur succession chronologique; il importe donc de leur appliquer une désignation qui permette de les distinguer, et afin de maintenir l'uniformité dans la nomenclature, on peut leur donner, comme il est d'usage, une double appellation générique et spécifique suivie de la mention *incertæ sedis* (INC. SED.), soulignée et mise entre parenthèses, sans préjuger de leur valeur propre :

Exemple : *Oldhamia antiqua* Forb. (INC. SED.).

Une catégorie beaucoup plus nombreuse de documents comprend ceux qui possèdent des caractères suffisants pour permettre de les ranger dans une division déterminée du règne végétal. Il importe de séparer ces fossiles de ceux de la première catégorie, et surtout de leur donner toute leur signification botanique en

spécifiant leur place dans la classification, conformément au degré de certitude que comporte leur détermination. Si leurs caractères ne sont pas suffisamment précis pour dépasser l'attribution à une grande division du règne végétal, — embranchement, classe, ordre ou famille, — on fera suivre les noms générique et spécifique de la désignation du groupe auquel on peut rapporter, sans crainte d'erreur, le document considéré :

Exemple : *Cupressinoxylon taxodioides,* Conwentz (CONIFERAE.)

La mention de cette division sera soulignée et mise entre parenthèses. Il va sans dire que, dans ce cas, la double désignation générique et spécifique n'aura guère plus de valeur au point de vue botanique qu'elle n'en a dans la catégorie précédente.

Lorsqu'il sera possible de préciser le genre auquel la plante appartient sans que l'état du fossile fournisse des caractères spécifiques suffisants, on lui assignera sa place dans la classification en soulignant le nom générique :

Asterophyllites equisetiformis, Schloth.

Enfin, lorsqu'on possédera des spécimens suffisamment complets pour qu'ils puissent être mis sur le même rang que les plantes vivantes, on soulignera à la fois le nom du genre et celui de l'espèce :

Acer palaeosaccharinum, Stur.

Pour qu'une semblable nomenclature puisse rendre des services réels, il faut évidemment qu'elle soit appliquée dans tous les travaux de Paléontologie et notamment dans les ouvrages généraux. Ce n'est qu'à cette condition que les botanistes qui n'ont pas de connaissances spéciales en Paléontologie pourront utiliser aisément les données si nombreuses relatives aux flores disparues. La réforme proposée devrait s'étendre également à la Paléozoologie.

A l'appui des remarques qui précèdent, il a été réuni en une série de planches un certain nombre d'exemples des types de variations que l'on observe le plus fréquemment dans la flore actuelle.

Ils sont destinés à faire ressortir le nombre si considérable des causes d'erreur auxquelles est exposé celui qui étudie les végétaux fossiles.

Ces variations, dues aux causes les plus diverses, ont été groupées méthodiquement, d'après un plan d'ailleurs tout à fait arbitraire, dans le but de faciliter l'application des exemples choisis à la détermination des empreintes de végétaux fossiles.

Une première division sépare les exemples en deux grandes catégories : les divergences et les convergences des caractères. Dans la première, les exemples sont classés d'après le degré de variabilité qu'ils présentent, et secondairement d'après les causes dont dépend cette variabilité; dans la seconde, le groupement a été fait d'après l'importance des groupes entre lesquels sont établis les rapprochements.

Il est entendu que la plupart de ces causes d'erreur ont été signalées (1, 2 et 3), notamment par Schenk, dans la revision critique si consciencieuse qu'il a faite des flores fossiles. Il a cependant paru utile de les condenser et de les rendre plus frappantes en illustrant largement leur exposé méthodique. « Mais, ainsi que l'a dit fort justement Zeiller (4), la partie du traité de Paléophytologie de Schenk consacrée aux Dicotylédones fossiles, constituera toujours un guide indispensable à consulter pour ceux qui voudront aborder cette partie de la Paléobotanique. »

Les exemples choisis représentent des types de chacune des catégories établies dans ce travail. Afin qu'on apprécie pleinement leur valeur, il convient de rappeler combien il serait facile de les multiplier.

L'application rigoureuse des exemples donnés aux recherches de Paléontologie végétale démontre que la détermination exacte des empreintes se rapportant aux groupes de plantes supérieures, Monocotylées et Dicotylées, est en général impossible si l'on ne possède pas à la fois leurs feuilles et leurs fleurs ou leurs fruits, ce qui se réalise fort rarement. Il s'ensuit que certains grands travaux, tels que ceux de Heer et de Saporta, basés sur des ensembles floristiques extrêmement importants, devraient être totalement revisés, la signification d'un grand nombre des matériaux sur lesquels ils sont basés étant bien moins précise que celle qui leur a été attribuée. Il faut toutefois remarquer que les documents étudiés par ces savants offrent dans leur ensemble, abstraction faite de leur valeur particulière, un intérêt des plus évidents. Si les travaux de Heer et de Saporta sont appelés à perdre quelque peu de leur précision apparente, les conclusions générales auxquelles ils ont donné lieu, conserveront toujours leur valeur entière.

COMPOSITION DES PLANCHES

DIVERGENCES DES CARACTÈRES

Planches II et III.

Variation des caractères dans l'*Individu*, dépendant des *conditions de son développement*.

Planche IV.

Polymorphisme dans l'*Individu*, dépendant d'*adaptations spéciales*.

Planche V.

a) Variation des caractères dans l'*Individu*, dépendant de l'*âge*;

b) Variation des caractères dans l'*Individu*, dépendant d'un *état pathologique*.

Planches I et VI.

Variation des caractères dans l'*Espèce*.

Planche VII.

Polymorphisme dans le *Genre*.

Planche VIII.

Polymorphisme dans la *Famille*.

CONVERGENCES DES CARACTÈRES

Planche IX.

Convergences des caractères dans l'*appareil végétatif*.

Planche X.

Convergences des caractères dans l'*appareil reproducteur*.

EXPLICATION DES PLANCHES

PREMIÈRE PARTIE

DIVERGENCES DES CARACTÈRES

A. — DANS L'INDIVIDU.

La variation des caractères dans l'Individu peut dépendre des conditions spéciales de son développement, des adaptations particulières de l'espèce, de l'âge du sujet considéré ou encore de son état pathologique.

VARIATIONS NORMALES PENDANT TOUTE LA VIE DE L'INDIVIDU.

Variations sans causes définies.

Planche III. — Ex. 1 à 9.

1. **Castanea vulgaris** Lam. (FAGACÉES) *ad nat.*
   a-k. Feuilles d'un même arbre (30 ans).

2. **Morus nigra** L. (MORACÉES) *ad nat.*
   a-b. Feuilles du même sujet.

3. **Lyonothamnus floribundus** Asa Gray (ROSACÉES) (5) (*).
   On observe fréquemment des sujets ne portant qu'un seul des deux types de feuilles :
   a. Rameau avec feuilles typiques composées.
   b. Feuille simple.

(*) Les numéros qui suivent les noms des espèces citées comme exemples indiquent l'ouvrage auquel a été empruntée la figure correspondante (voir Bibliographie). La plupart des plantes sont représentées aux deux tiers de la grandeur naturelle.

(*Pl. I.*) 48. **Pseudo-panax crassifolium** Koch. (Araliacées) *ad nat.*

b. Rameau présentant des feuilles simples et des feuilles multipartites.

Variations dépendant des conditions de développement.

I. Les pousses très vigoureuses portent souvent des feuilles d'un caractère spécial.

4. **Ginkgo biloba** L. (Ginkgoacées) *ad nat.*

a. Feuille des jets vigoureux.

b. Feuille des rameaux raccourcis qui se développent sur ces jets.

5. **Populus euphratica** Oliv. (Salicinacées) (6).

a. Rameau typique.

b. Pousse vigoureuse.

6. **Castanea vulgaris** Lam. (Fagacées) *ad nat.*

l. Feuilles des premiers rameaux qui se développent sur les souches après la coupe du taillis.

7. **Quercus hypoleuca** Engelm. (Fagacées) (5).

a. Pousse vigoureuse.

b. Rameau typique.

(*Pl. VI.*) 52. **Quercus nigra** L.

a. Feuille typique.

b. Feuilles des rameaux vigoureux.

8. **Ulmus campestris** L. (Ulmacées) *ad. nat.*

a. Feuille normale.

b. Feuille des rameaux très vigoureux s'étant développés après la destruction accidentelle de la cime d'un arbre.

Les deux feuilles proviennent du même sujet.

II. La sécheresse du climat, même lorsqu'elle est peu accentuée, a sur beaucoup de plantes une action intense, qui se traduit par la réduction en surface de leurs organes foliaires.

9. **Acacia heterophylla** Willd. (Légumineuses) (7).

a. Feuille normale.

b. Phyllodes formés par le pétiole dilaté des feuilles.

III. Lorsque l'activité vitale d'une plante se ralentit pour une cause quelconque, ses organes végétatifs et reproducteurs trahissent son affaiblissement par la réduction de leurs dimensions. Dans les arbres, le phénomène se produit d'abord sur les branches les plus élevées. On dit alors que l'arbre se couronne.

(*Pl. II.*) 10. **Pinus excelsa** Wall. (PINACÉES) *ad nat.*

a. Rameau avec cônes du sommet d'un sujet en voie de dépérissement, âgé de 60 ans environ.

b. Rameau pris vers la base de l'arbre.

IV. Lorsque les organes de reproduction sont groupés en grand nombre sur un axe, leur développement est toujours forcément inégal. Il peut se produire de très grandes différences entre les graines d'un même fruit ou entre les éléments d'une même infrutescence.

Planche IV. — Ex. 11 à 22.

11. **Pinus Sabiniana** Dougl. (PINACÉES) *ad nat.*

Graines d'un même cône.

a. Graine typique de la région moyenne du cône.

b. Graines incomplètement développées.

Polymorphisme dépendant d'adaptations spéciales.

I. Plantes carnivores. Dimorphisme des feuilles. — Certaines feuilles sont adaptées à la capture des insectes et à l'absorption des substances albuminoïdes.

12. **Sarracenia** sp. (SARRACÉNIACÉES) (7).

a. Feuilles typiques.

b. Feuilles transformées en ascidies.

(*Pl. X.*) 129. **Cephalotus follicularis** Labill. (CÉPHALOTACÉES) (7).

a. Feuilles typiques.

b. Feuilles transformées.

II. Plantes épiphytes. Dimorphisme des feuilles. — Il existe chez beaucoup d'espèces des feuilles adaptées à concentrer à la base de la plante, l'eau et les substances nutritives.

13. **Drynaria rigidula** J. Sm. (POLYPODIACÉES) (8).

a. Fronde typique.

b. Fronde transformée.

III. Plantes aquatiques. Dimorphisme des feuilles. — Le limbe des feuilles submergées a généralement une surface très réduite. Les feuilles nageantes peuvent être aussi différentes des feuilles aériennes typiques. Dans beaucoup d'espèces, on rencontre des individus qui ne possèdent qu'un seul type de feuilles. Ex. : *Sagittaria*.

14. **Potamogeton diversifolius** Barton (POTAMOGÉTONACÉES) (9).

15. **Sagittaria sagittifolia** L. (ALISMACÉES) (10).

a. Feuille aérienne typique.
b. Feuille nageante.
c. Feuille submergée.

16. **Cabomba aquatica** Aubl. (NYMPHÉACÉES) (7).

a. Feuille nageante.
b. Feuille submergée.

IV. Dimorphisme de l'appareil végétatif en rapport avec la situation des organes de reproduction.

α. Chez beaucoup de plantes, les parties de l'appareil végétatif qui portent les organes de reproduction se distinguent par des caractères particuliers nettement tranchés.

17. **Humata heterophylla** Sm. (POLYPODIACÉES) (11).

a. Fronde fertile.
b. Fronde stérile.

18. **Sphaerothylax abyssinica** Warm. (PODOSTÉMACÉES) (12).

Plante aquatique portant des organes de reproduction typiques sur des rameaux flottants; la partie de la plante étalée sur les pierres produit des fleurs incomplètes et paraît constituer une plante distincte.

β. Plantes grimpantes. — Chez de nombreuses espèces, les rameaux végétatifs typiques sont étroitement appliqués sur le support de la plante. Les organes de reproduction se développent sur des rameaux spécialisés non appliqués. Les feuilles des deux espèces de rameaux sont fort différentes d'aspect.

(*Pl. IX.*) 131. **Pothos Beccarianus** Engl. (ARACÉES) (9).

a. Rameau appliqué.
b. Rameau florifère.

(*Pl. IX.*) 130. **Marcgravia picta** Willd. (MARCGRAVIACÉES) (14).

a. Rameau appliqué.
b. Rameau florifère.

19. **Phoxanthus heterophyllus** Benth. (MÉLIANTHACÉES) (14).

a. Feuille des rameaux végétatifs typiques.

b. Feuille des rameaux florifères.

V. Polymorphisme dans l'appareil de reproduction.

α. Fleurs cleistogames. Certaines plantes possèdent des fleurs de deux espèces; les unes sont normales, les autres, dites fleurs cleistogames, ne s'épanouissent pas et donnent naissance à des fruits différents du type normal.

20. **Cardamine chenopodiifolia** Pers. (CRUCIFÈRES) (15).

a. Fruit normal.

b. Fruit d'origine cleistogamique.

β. Plantes monoïques. — Les fleurs mâles et les fleurs femelles d'une même espèce sont souvent complètement différentes. Les exemples sont trop connus pour qu'il soit utile d'en figurer.

Il existe des plantes hermaphrodites dont certaines fleurs deviennent unisexuées par avortement et offrent alors des caractères si tranchés, que les plantes portant ces fleurs modifiées ont été parfois décrites comme appartenant à des espèces ou même à des genres différents (16).

Une Orchidée, *Cycnoches Warscewiczii* Reichb. (fig. 21) peut porter sur un même individu des fleurs mâles (*a*) et des fleurs femelles (*b*); mais c'est un cas exceptionnel, car la plupart des spécimens de cette plante ne produisent qu'une seule forme de fleurs. Les individus à fleurs mâles ont été décrits sous le nom de *Cycnoches Egertonianum* Basem., tandis que ceux qui possèdent les fleurs femelles portaient primitivement le nom de *Cycnoches ventricosum* Lindl.

Ce polymorphisme est encore plus accentué dans le genre *Catasetum* appartenant à la même famille. On a, en effet, classé dans trois genres différents, les individus d'une même espèce, suivant les modifications de leurs fleurs : les plantes à fleurs mâles dans le genre *Catasetum,* les plantes à fleurs femelles dans le genre *Monacanthus,* enfin les plantes à fleurs hermaphrodites dans le genre *Myanthus.*

21. **Cycnoches Warscewiczii** Reichb. (ORCHIDACÉES) (16).

a. Fleurs mâles.

« *Cycnoches Egertonianum.* »

b. Fleurs femelles.

« *Cycnoches ventricosum.* »

γ. Plantes dioïques. — Les plantes dioïques peuvent présenter, dans leurs organes de reproduction, des différences assez grandes pour que les plantes mâles et les plantes femelles d'une même espèce puissent être considérées comme appartenant à des genres différents.

22. **Cycas circinalis** L. (CYCADACÉES) (17).

a. Sommet de la plante mâle portant un cône.

b. Sommet de la plante femelle avec sa couronne de feuilles fertiles.

c. Feuille fertile du cône mâle.

d. Feuille fertile femelle.

VARIATIONS DÉPENDANT DE L'ÂGE DE L'INDIVIDU.

Chez beaucoup de plantes, les individus jeunes possèdent des caractères très différents de ceux des individus adultes, au point qu'on a longtemps attribué les formes jeunes et les formes adultes de certaines espèces à des genres différents.

Planche V. — Ex. 23 à 47.

23. **Araucaria Rulei** F. Müll. (PINACÉES) (18).

a. Rameau adulte typique.

b. Rameau jeune.

24. **Thuja orientalis** L. (PINACÉES) (19).

a. Rameau adulte.

b. Rameau jeune.

25. **Chamaecyparis pisifera** Sieb. et Zucc. (PINACÉES) (19).

a. Rameau adulte typique.

b. Rameau jeune.

c. Rameau mixte fructifié (forme *Retinospora*).

Les individus jeunes, de caractère intermédiaire et capables de fructifier, appartenant à plusieurs genres de la famille des Conifères (tribu des Cupressinées), ont constitué l'ancien genre *Retinospora*.

26. **Iriartea cornuta** Wendl. (PALMACÉES) (20).

a. Individu jeune ($^1/_4$ gd. nat.).

b. Individu adulte ($^1/_{100}$ gd. nat.).

27. **Attalea attaleoides** Karst. (PALMACÉES) (20).

a. Individu adulte (échelle très réduite).

b. Individu jeune (échelle moins réduite).

28. **Epipremnum medium** Engl. (ARACÉES) (13).

Cette plante grimpante présente une série de formes distinctes, qui sont en rapport avec l'âge de l'individu et avec les conditions de son développement. Les sujets présentant toute la série des transformations sont rares. Les formes de feuilles raccourcies passent du type des Pothoïdées (genre *Pothos*) à celui des Monstéroïdées (genre *Raphidophora*), offrant ainsi, aux stades extrêmes de leur évolution, les caractères de deux tribus différentes de la famille des Aracées. Beaucoup de sujets ne dépassent pas le stade *Pothos*.

Sur les surfaces étendues, telles que les rochers, la plante ne donne que les formes appliquées du type *Pothos* (*a. b.*); sur les troncs des arbres, elle prend le type des Monstéroïdées (*c. d. e. f.*) et finit par ressembler beaucoup au genre *Raphidophora* de cette tribu (*f.*).

Les plantes offrant les séries de formes des types *Pothos* et *Raphidophora* donnent de longs rameaux pendants d'un aspect particulier (*g.*) quand elles dépassent leur support (13).

29. **Eucalyptus urnigera** Hook. f. (MYRTACÉES) (13).

a. Rameau adulte.

b. Rameau jeune.

30. **Eucalyptus coccifera** Hook. f. (MYRTACÉES) (13).

a. Rameau adulte.

b. Rameau jeune.

31. **Eucalyptus cordata** Labill. (MYRTACÉES) (13).

Espèce ne présentant qu'une seule forme de feuilles, correspondant aux rameaux jeunes des espèces précédentes.

VARIATIONS DÉPENDANT D'UN ÉTAT PATHOLOGIQUE.

I. Les champignons parasites sur les plantes vivantes peuvent modifier profondément le type normal de l'appareil végétatif de leur hôte.

32. **Humulus Lupulus** L. (MORACÉES) (21).

Le Houblon, attaqué par un champignon qui se développe dans le tissu des racines, produit des feuilles ressemblant tout à fait à celles de l'Ortie (*Urtica dioica*), genre appartenant à la même famille.

a. Feuilles normales du Houblon.

b. Feuilles du Houblon transformées par l'action du parasite des racines.

c. Feuilles de l'Ortie.

33. **Euphorbia Esula** L. (EUPHORBIACÉES) (21).

Modification dans la forme des feuilles causée par *Uromyces pisi*.

a. Plante normale.

b. Plante attaquée par le parasite.

II. Les plantes parasites de la famille des Rafflésiacées, réduites presque uniquement à leurs organes de reproduction, pourraient être prises pour les fleurs des hôtes sur lesquels elles se développent lorsqu'on ne possède pas les rameaux florifères de ces derniers.

34. **Apodanthes calliandrae** Gardn. (RAFFLÉSIACÉES) (12).

a. Rameau d'une Légumineuse attaqué par le parasite.

b. Fleur isolée.

III. Les insectes qui vivent aux dépens des tissus des plantes vivantes, déterminent l'hypertrophie des parties de l'appareil végétatif dans lesquelles ils se développent, et provoquent ainsi la formation de galles d'aspect très varié, pouvant facilement être interprétées dans les échantillons de plantes fossiles comme des organes de reproduction, fleurs ou fruits (*).

35. **Andricus gemmae** Hartig (22). Sub *Aphilotrice.*

Bourgeon de Chêne développé anormalement par l'action de cet insecte.

36. **Andricus Sieboldii** Hartig (22). Sub *Aphilotrice.*

Cet insecte produit sur les rameaux des Chênes, des galles ressemblant aux fruits de certaines Myrtacées.

37. **Cynips Curtisii** Müll. (13).

Galle développée sur un Chêne, offrant l'aspect d'un fruit composé.

38. **Cynips polycera** Gir. (22).

Les galles de cette espèce, qui attaque les Chênes, ressemblent à des fruits de Myrtacées.

39. **Brachyscelis pileata** Schr. *ad nat.*

Galles développées sur *Eucalyptus robusta* Sm. (Myrtacées), rappelant le fruit d'un autre genre de la même famille.

40. **Cylindrococcus spiniferus** Mask. *ad nat.*

Galle ressemblant à un cône, développée sur *Casuarina distyla* Vent. Il y a, dans ce cas, grandes chances de confusion, car le fruit composé des *Casuarina* est également disposé en forme de cône.

(*) Les n°s 35 à 45 se rapportent à des animaux parasites.

41. **Adelges abietis** L. (22).

Cet insecte se développe à la base des aiguilles sur les jeunes pousses des Epicéas (Conifères), en déterminant l'hypertrophie de la base des feuilles et de l'axe du rameau. Les rameaux attaqués prennent l'aspect de cônes, ce qui pourrait donner lieu à des confusions avec les fruits des plantes de la même famille qui affectent également la disposition en cônes.

a. Galle ayant été figurée par *Baillon* dans son *Dictionnaire de botanique* comme l'inflorescence d'un Pin.

b. Galle montrant clairement l'hypertrophie de la base des feuilles.

42. **Lépidoptère** de genre indéterminé (13).

Galle produite sur *Eucalyptus sp.* (Myrtacées), par un insecte de la famille des Lépidoptères. Son aspect pourrait correspondre à celui du fruit d'une plante appartenant à la famille des Myrtacées.

IV. Certains parasites animaux peuvent produire sur les feuilles de leurs hôtes des formations ressemblant à des champignons.

43. **Opisthoscelis spinosa** Frogg. *ad nat.*

Galles développées sur *Eucalyptus siderophloia* A. Cunn., ressemblant aux fructifications d'un Champignon du groupe des Pyrénomycètes.

44. **Ascelis Schraderi** Frogg. *ad nat.*

Sur *Eucalyptus corymbosa* Sm.

45. **Nématode** de genre indéterminé (13).

Ce ver détermine la formation, dans le tissu de la feuille des *Odontoglossum* (Orchidacées), de hernies causées par des amas d'œufs; ces hernies rappellent l'aspect extérieur des Champignons parasites des feuilles vivantes de la famille des Urédinacées.

a. Feuille attaquée (gd. nat.).

b. Amas d'œufs grossis.

c. Coupe de la feuille attaquée.

Organes normaux offrant un aspect particulier pouvant induire en erreur sur leur véritable nature.

46. **Couratari guianensis** Aubl. (Lecythidacées) (14).

Opercule du fruit se détachant naturellement à la maturité et offrant l'aspect extérieur d'un Champignon du groupe des Hyménomycètes.

47. **Souroubea guianensis** Aubl. (Marcgraviacées) (14).

Les feuilles sont couvertes d'organes glanduleux offrant l'apparence des fructifications des Champignons du groupe des Pyrénomycètes.

B. — DANS L'ESPÈCE.

Les modifications des caractères de l'Espèce résultent des conditions particulières dans lesquelles les individus se trouvent placés. Elles se rattachent donc très étroitement à celles de la catégorie précédente, au point que la séparation des deux séries d'exemples est assez souvent arbitraire. En général, cependant, pour se rendre compte de l'amplitude des variations des caractères de l'Espèce, il convient de considérer les modifications des caractères dans des individus distincts plutôt que dans le même sujet, ainsi qu'on l'a fait précédemment.

(*Pl. I.*) 48. **Pseudo-panax crassifolium** K. Koch (ARALIACÉES) *ad nat.*

a. h. Feuilles et rameau appartenant à des individus différents.

a. Une des formes de feuilles de l'espèce type.

b. Rameau de la variété horticole *P. crassifolium* var. *trifolium*, portant deux formes de feuilles, les unes entières, les autres tripartites.

c. h. Feuilles de sujets provenant de graines du spécimen *b.*

c. Feuille d'un individu dans lequel la variation de la plante mère s'accentue.

d. e. f. g. h. Feuilles d'individus dans lesquels on observe une tendance à revenir aux deux types de feuilles les plus fréquents dans l'espèce (12, tab. 583).

e. Feuille ressemblant beaucoup à la forme la plus ordinaire dans l'espèce type.

f. g. h. Feuilles se rapprochant de la deuxième forme de feuilles de l'espèce figurée en *a.*

Planche VI. — Ex. 49 à 57.

49. **Stenochlaena sorbifolia** (L.) J. Sm. (8).

Le polymorphisme de cette espèce est si étendu, que Fée a créé 17 espèces pour les différentes formes qu'elle présente. Cette fougère possède des frondes adventives ou aphlébies d'après lesquelles Mettenius a établi le genre *Teratophyllum*. Les aphéblies courtes, non divisées = *Polypodium binerve* Hooker. Les aphlébies à triple division = *Gymnogramme trifoliata* Hooker. D'autres aphlébies divisées rappellent les *Asplenium* du groupe *Darea*. Ces aphlébies présentent parfois des extrémités entières et portent exceptionnellement des fructifications le long des nervures = *Scolopendrium D'Urvillei* Bory. Certaines aphlébies très divisées = *Davallia achilleaefolia* Wallich.

Enfin, une forme naine de l'espèce = *Acrostichum buxifolium* Kunze (8).

a. Fronde stérile.

b. Fronde fertile.

c. Fronde d'une plante jeune.

d, e. *Scolopendrium D'Urvillei* Bory.

f, g, i. Différentes formes de frondes adventives.

h. Fronde adventive du type *Darea.*

j. *Davallia achilleaefolia* Wallich.

50. **Picea excelsa** Link. (PINACÉES).

a. Cône typique (23).

b. Forme *acuminata* (24).

c. Cône de petites dimensions à graines fertiles (24).

d. Forme *triloba* (24).

e. Cône mal développé (24).

51. **Quercus Wislizeni** A. DC. (FAGACÉES) (5).

Feuilles typiques.

(*Pl. IX.*) 110. **Quercus Wislizeni** A. DC. (5).

Deuxième type de feuilles.

52. **Quercus nigra** L. (5).

a. Feuille typique.

b. c. d. Feuilles de rameaux vigoureux.

53. **Quercus sessiliflora** Salisb. *ad nat.*

La plupart des formes de feuilles représentées se rencontrent normalement.

a. Feuille typique.

b. c. d. e. f. Formes s'écartant peu du type normal.

g. h. k. l. Formes à limbe denté d'un caractère spécial.

i. Feuilles entières s'écartant complètement du type. Cette forme existe parfois seule chez certains individus (var. *mespilifolia*).

Les variations de grandeur qu'on observe entre les feuilles, soit d'un même individu, soit de sujets différents, montrent combien les caractères tirés de la dimension des organes ou des individus sont de peu de valeur.

54. **Ficus heterophylla** L. (MORACÉES) (12).

Divers types de feuilles.

55. **Ficus diversifolia** Blume (MORACÉES) (12).

a. b. Deux types de feuilles.

(*Pl. IX.*) 113. **Prunus ilicifolia** Walp. (ROSACÉES) (5).

Divers types de feuilles.

56. **Acacia myrtifolia** Willd. (LÉGUMINOSÉES) (12).

a. b. Deux types de feuilles.

57. **Oreopanax Andreanum** E. Marchal (ARALIACÉES) (18).

a. Divers types de feuilles.

b. Feuilles des rameaux florifères.

C. — DANS LE GENRE.

Les divergences qui peuvent exister dans les caractères de l'appareil végétatif des différentes espèces d'un même genre, sont parfois considérables. Elles sont la conséquence des conditions de milieu si multiples et souvent si opposées auxquelles ont été forcés de s'adapter les représentants des genres au cours de leur évolution qui peut s'étendre à des périodes géologiques tout entières.

Bien que les types adaptés spécialement à la vie aquatique ou aux climats secs, constituent dans beaucoup de genres des exemples de divergence extrême, on les a, en général, négligés, car ces influences de milieu impriment un facies si semblable aux espèces des familles les plus différentes, qu'un paléontologiste prudent renoncera presque toujours à classer les formes analogues qu'il rencontrera à l'état fossile.

I. Polymorphisme de la feuille dans différentes espèces des genres suivants :

(*P. 3.*) 58. **Acer platanoides** L. (Acéracées) (23).

59. **A. Negundo** L. (Acéracées) (5).

60. **A. carpinifolium** Sieb. et Zucc. (Acéracées) (13).

61. **A. niveum** Blume (Acéracées) (17).

Planche VII. — Ex. 62 à 94.

62. **Podocarpus agathifolia** Blume (Taxacées) (17).
Feuilles oblongues, larges, rappelant *Dammara* (pl. XII).

63. **P. bracteata** Blume (Taxacées) (17).

64. **P. vitiensis** Seem. (Taxacées) (25).
Rappelant les Taxinées du type *Cephalotaxus*.

65. **P. Cupressina** R. Br. (Taxacées) (17).
a. Rameaux typiques à feuilles réduites squammiformes, rappelant les Cupressinées et les Taxodinées.
b. Deuxième forme de feuilles étroites linéaires distiques. Cette forme existe souvent seule sur certains rameaux qui paraissent appartenir à une plante entièrement différente, et se rapprochent beaucoup de *Taxodium*.

66. **Geranium cuneatum** Hook. (Géraniacées) (12).
Espèce du Cap, adaptée à un climat sec.

67. **Oxalis bifrons** Prog. (Oxalidacées) (14).

68. **O. calophylla** Prog. (Oxalidacées) (14).

69. **O. daphnaeformis** Mik. (Oxalidacées) (14).

70. **O. enneaphylla** Cav. (Oxalidacées) (14).

71. **Vitis cornifolia** Baker (Vitacées) (26).
A opposer aux espèces du genre à feuilles lobées ou multipartites.

72. **Hakea Baxteri** R. Br. (Protéacées) (12).

73. **H. conchifolia** Hook. (Protéacées) (12).

74. **H. platysperma** Hook (Protéacées) (12).

75. **H. stenocarpa** R. Br. (Protéacées) (12).

76. **H. tricostata** Hook. (Protéacées) (12).

77. **Rubus geoides** Sm. (Rosacées) (12).
Espèce à feuilles entières à opposer aux *Rubus* typiques à feuilles composées.

78. **Alchemilla nivalis** H. B. K. (Rosacées) (15[a]).
Plante alpine étroitement adaptée au climat des hautes montagnes.

79. **A. vulgaris** L. (Rosacées) *ad nat.*
Plante des régions peu élevées.

(*Pl. III.*) 9. **Acacia heterophylla** Willd. (Légumineuses) (7).
Espèce à feuilles typiques et à phyllodes.

80. **A. Cunninghamii** Hook. (Légumineuses) (12).
Espèce à phyllodes.

81. **A. anceps** DC. (Légumineuses) (27).
Espèce à phyllodes.

82. **A. alata** R. Br. (Légumineuses) (27).
Espèce à phyllodes.

83. **A. cedroides** Benth. (27).
Espèce à phyllodes.

(*Pl. IX.*) 136. **A. aneura** F. Müll. (12).
Espèce à phyllodes.

84. **A. verticillata** Willd. (27).
Espèce à phyllodes.

85. **A. lycopodifolia** A. Cunn. (27).
Espèce à phyllodes.

86. **A. Seyal** Delile (10).
Espèce à feuilles typiques, non transformées.

Cette série d'espèces du genre *Acacia* montre la réduction graduelle des feuilles typiques. L'effet de la sècheresse du climat se manifeste d'une manière particulièrement frappante dans ce genre. *Acacia heterophylla* montre cette action à un degré relativement faible; elle est beaucoup plus marquée dans un grand nombre d'espèces appartenant notamment à la flore australienne.

87. **Vouapa limbatum** Taub. (Légumineuses) (14).

88. **V. taxifolia** Taub. (Légumineuses) (14).

89. **Apama corymbosa** Griff. (Aristolochiacées) *ad nat.*

90. **A. tomentosa** Blume (Aristolochiacées) *ad nat.*

91. **Brickellia diffusa** A. Gray (Compositacées) (14).
Plante herbacée.

92. **B. pinifolia** A. Gray (Compositacées) (14).
Plante ligneuse adaptée à un climat sec.

93. **Styphelia amplexicaulis** Rudle (Épacridacées) *ad nat.*
Port de plante herbacée.

94. **S. cymbula** Spreng. (Épacridacées) *ad nat.*
Port de plante ligneuse frutescente.

D. — DANS LA FAMILLE.

On peut faire, au sujet des variations que l'on rencontre dans beaucoup de familles, les remarques qui s'appliquent au polymorphisme des espèces d'un même genre. L'importance plus grande des groupes familiaux, accentue encore les dissemblances qui séparent les types les plus diversifiés d'une même famille.

Polymorphisme de l'appareil végétatif.

α. Famille des Liliacées.
Feuilles généralement allongées, à nervation parallèle.

95. **Philesia buxifolia** Lam. (Liliacées) (28).
Feuilles à nervation pennée.

β. Famille des Graminacées.

Feuilles généralement linéaires allongées.

96. **Olyra polypodioides** Trin. (14).

Feuilles distiques larges et courtes.

(*Pl. IX.*) 123. **Anomochloa marantoidea** Brongn. (14).

Port de *Maranta*.

γ. Famille des Léguminosées.

Les feuilles composées constituent le type le plus habituel.

97. **Bauhinia Maximiliana** Benth. (LÉGUMINOSÉES) (23).

Feuille entière à nervation acrodrome.

98. **Zollernia ilicifolia** Vog. (14).

δ. Famille des Épacridacées.

Feuilles étroites, linéaires, courtes, dressées.

99. **Dracophyllum secundum** R. Br. (29).

(*Pl. X.*) 133. **Richea dracophylla** R. Br. *ad nat.*

Feuilles allongées, assez larges, à nervation parallèle, rappelant les Broméliacées.

(*Pl. VII.*) 93. **Styphelia amplexicaulis** Rudle.

(*Pl. VII.*) 94. **Styphelia cymbula** Spreng.

Feuilles larges. Cette dernière espèce rappelle certaines espèces du genre *Hakea*.

ε. Famille des Compositacées.

Feuilles généralement entières, dentées, souvent lobées ou laciniées.

100. **Tafalla ferruginea** D. Don (30).

Feuilles réduites squammiformes, rappelant celles des Lycopodes.

101. **Mutisia clematis** L. (20).

Feuilles composées rappelant le type de la plupart des Léguminosées.

POLYMORPHISME DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR.

α. Famille des Compositacées.

L'inflorescence en capitule est caractéristique de cette famille.

102. **Angianthus pusilla** Benth. (12).

Inflorescence en épi dont les caractères extérieurs ne rappellent en rien ceux de la famille.

1. [illegible]
2. [illegible]
3. [illegible]

3. Famille des [illegible]

[illegible] Légumineuses. Les genres suivants offrent [illegible] type normal.

103. **Machaerium lanatum** [illegible] 14.

104. **Centrolobium robustum** Mart. 14.

105. **Pterocarpus Rohrii** [illegible] 14.

106. **Dipteryx rosea** Spruce 14.

107. **Dialium divaricatum** [illegible] 14.

108. **Batesia floribunda** Spruce 14.

109. **Aldina latifolia** Spruce 14.

110. **Zollernia ilicifolia** Vog. 14.

DEUXIÈME PARTIE

CONVERGENCES DES CARACTÈRES

Les convergences des caractères s'observent entre les groupes les plus éloignés. Elles résultent de l'action de facteurs d'évolution très généraux, qui produisent des adaptations remarquablement parallèles dans l'ensemble du règne végétal. Les exemples de ces adaptations qu'il serait possible de citer sont au moins aussi nombreux que ceux qui se rapportent à la série des divergences de caractères; il a donc été nécessaire de se limiter à quelques cas typiques. Ainsi qu'on l'a fait remarquer à propos du polymorphisme du Genre, les exemples relatifs aux plantes aquatiques et xérophiles ont été généralement négligés.

1re série. — Convergences dans les caractères extérieurs de l'appareil végétatif.

A. — CONVERGENCES ENTRE ESPÈCES APPARTENANT A DES ORDRES DIFFÉRENTS.

Planche IX. — Ex. 110 à 147.

I. Plantes à feuilles du type du Houx.

110. **Quercus Wislizenii** A. DC. (Fagacées) (5).

111. **Rhus integrifolia** Benth. et Hook. (Anacardiacées) (5).

112. **Rhamnus crocea** (Rhamnacées) (5).

113. **Prunus ilicifolia** Walp. (Rosacées) (5).

II. Plantes à feuilles filiformes.

a. Feuilles libres.

114. **Linum selaginoides** Lam. (Linacées) (14).

115. **Rotala turfosa** A. Rich. (Lythrariacées) (31).

116. **Hemipogon setaceus** Decne. (Asclépiadacées) (14).

β. Feuilles verticillées soudées à la base.

117. **Psyllocarpus asparagoides** Mart. (RUBIACÉES) (14).

118. **Cotula myriophylloides** Harvey (COMPOSITACÉES) (14).

III. Plantes alpines à organes foliaires réduits et groupés en une masse compacte.

119. **Pterygopappus compacta** Wedd. (COMPOSITACÉES) (30).
A rapprocher de *Haastia*, *Raoulia*, etc.

IV. Plantes dont les feuilles offrent le même type de nervation.

120. **Asarum europaeum** L. (ARISTOLOCHIACÉES) *ad nat.*

121. **Geophila reniformis** Cham. (RUBIACÉES) *ad nat.*

122. **Callicoma serratifolia** Andr. (CUNONIACÉES) *ad nat.*

(*Pl. III.*) 1. **Castanea vulgaris** Lam. (FAGACÉES).

V. Plantes à feuilles de même forme.

123. **Anomochloa marantoidea** Brongn. (GRAMINACÉES) (14).
A rapprocher de *Maranta* (Marantacées).

124. **Peperomia galioides** H. B. et K. (PIPÉRACÉES) (15).
A rapprocher de *Galium* (Rubiacées).

125. **Eichleria Blanchettiana** Prong (OXALIDACÉES) (14).
A rapprocher des Léguminosées.

(*Pl. X.*) 164. **Agathis Dammara** Rich.

(*Pl. VII.*) 62. **Podocarpus agathifolia** Blume.

VI. Plantes carnivores.

α. Type de *Dionea*.

(*Pl. X.*) 126. **Dionea muscipula** L. (DROSÉRACÉES) (22).

(*Pl. X.*) 127. **Caltha dioneaefolia** Hook. (RENONCULACÉES) (31).

β. Type de *Nepenthes*.

(*Pl. X.*) 128. **Nepenthes ampullaria** Jacq. (NÉPENTHACÉES) (33).

(*Pl. X.*) 129. **Cephalotus follicularis** Labill. (CÉPHALOTACÉES) (7 et 33).

B. — CONVERGENCES ENTRE ESPÈCES APPARTENANT A DES CLASSES DIFFÉRENTES.

Convergences entre plantes angiospermes, Dicotylées et Monocotylées.

α. Type de nervation dicotylée.

130. **Marcgravia picta** Willd (MARCGRAVIACÉES), Dicotylée (14).

131. **Pothos Beccarianus** Engl. (ARACÉES), Monocotylée (9).

β. Type de nervation monocotylée.

(*Pl. X.*) 132. **Eryngium luzulaefolium** Cham. (OMBELLACÉES), Dicotylée (14).

A rapprocher de *Luzula*, Monocotylée.

(*Pl. X.*) 133. **Richea dracophylla** R. Br. (ÉPACRIDACÉES), Dicotylée, *ad nat.*

(*Pl. VIII.*) 99. **Dracophyllum secundum** R. Br. (ÉPACRIDACÉES) (29).

A rapprocher des Broméliacées, Monocotylées.

C. — CONVERGENCES ENTRE ESPÈCES APPARTENANT A DES SOUS-EMBRANCHEMENTS ET A DES EMBRANCHEMENTS DIFFÉRENTS.

I. Plantes à feuilles aciculaires.

134. **Pinus monophylla** Torr. (PINACÉES) (5).

135. **Petrophila media** R. Br. (PROTÉACÉES) (38).

(*Pl. VII.*) 74. **Hakea platysperma** Hook. (PROTÉACÉES) (12).

136. **Acacia aneura** J. Müll. (LÉGUMINOSÉES) (12).

II. Plantes à feuilles réduites, squammiformes.

α. Type des Cupressinées.

137. **Thamnea depressa** Oliv. (BRUNIACÉES) (12).

138. **Veronica cupressoides** Hook. (SCROPHULARIACÉES) (13).

139. **Veronica salicornioides** Hook. f. (13).

β. Type des Lycopodes.

140. **Lavoisiera lycopodioides** Gard. (MÉLASTOMACÉES) (14).

141. **Tafalla graveolens** Wedd. (COMPOSITACÉES) (30).

III. Plante gymnosperme à port de Fougère.

142. **Stangeria paradoxa** Th. Moore (CYCADACÉES) *ad nat.*

A rapprocher de l'espèce suivante.

143. **Danaea elliptica** Sm. (MARATTIACÉES) *ad nat.*

On peut aussi comparer cette Cycadacée à *Lomaria procera* et *Acrostichum aureum.*

Stangeria a été décrit comme une Fougère sous les noms de *Lomaria coriacea* et *L. leiopus* Kunze, avant qu'on connût ses organes de reproduction (10).

IV. Plante angiosperme (Dicotylée) à port de Lycopode.

144. **Phyllachne clavigera** Hook. f. (CANDOLLÉACÉES) (31).

V. Plantes angiospermes (Monocotylées) à port de Mousses.

145. **Mayaca Sellowiana** Kunth. (MAYACACÉES) (14).

146. **Tillandsia polytrichoides** E. Morr. (BROMÉLIACÉES) (14).

VI. Plantes angiospermes (Dicotylées) à port d'Algues.

147. **Podostemon dichotomus** Gard. (PODOSTÉMACÉES) (34).

(*Pl. IV.*) 18. **Sphaerothylax abyssinica** Wedd. (PODOSTÉMACÉES) (12).

2e série. — Convergences dans les caractères extérieurs de l'appareil reproducteur.

A. — CONVERGENCES ENTRE ESPÈCES APPARTENANT A DES ORDRES DIFFÉRENTS.

Planche X. — Ex. 148 à 170.

I. Fruits ailés disséminés par le vent.

α. Samares du type Acer.

148. **Acer laevigatum** Wall. (ACÉRACÉES).

149. **Hymenocardia acida** Tul. (EUPHORBIACÉES) *ad nat.*

a. Samare.

b. Feuille.

On est frappé de la ressemblance des feuilles et des fruits dans les deux espèces; elle serait suffisante pour les faire admettre dans un même genre, si on les rencontrait à l'état fossile.

150. **Acridocarpus plagiopterus** Guil. et Perr. (MALPIGHIACÉES) (36).

Les genres suivants, tout en présentant le même type de fruit qu'*Acer*, s'en écartent à des degrés divers; toutefois, les éléments isolés de leurs fruits seraient aisément confondus avec les éléments correspondants d'une samare double d'Érable.

151. **Banisteria vernoniaefolia** Mart. (MALPIGHIACÉES) (14).

152. **Thouinia decandra** Humb. et Bonpl. (SAPINDACÉES) (15).

153. **Securidaca angustifolia** Miq. (POLYGALACÉES) (14).

154. **Tarrietia javanica** Blume (STERCULIACÉES) (17).

β. Samares du type *Ulmus*.

155. **Ulmus campestris** L. (ULMACÉES).

156. **Hymenocardia ulmoides** Oliv. (EUPHORBIACÉES) (12).

157. **Terminalia avicennoides** Guill. (COMBRÉTACÉES) (36).

158. **Cardiopteris javanica** Blume. (ICACINACÉES) (17).

γ. Samares du type *Fraxinus*.

159. **Fraxinus Gregii** Asa Gray (OLÉACÉES) (5).

160. **Loxopterygium Sagotii** Hook. f. (ANACARDIACÉES) (14).

161. **Plenckia populnea** Reiss (CÉLASTRACÉES) (19).

δ. Fruit ailé du type *Dipterocarpus*.

162. **Shorea rigida** Brandis (DIPTÉROCARPACÉES) (12).

163. **Triplaris surinamensis** Cham. (POLYGONACÉES) (14).

B. — CONVERGENCES ENTRE ESPÈCES APPARTENANT A DES ORDRES, A DES CLASSES ET A DES SOUS-EMBRANCHEMENTS DIFFÉRENTS.

I. Fruits composés ressemblant extérieurement au cône des Conifères.

α. Cône du type des Araucariées (*Dammara*).

164. **Agathis Dammara** Rich. (PINACÉES) (10).

165. **Dammaropsis Kingiana** Warbg. (MORACÉES) (37).

166. **Metroxylon vitiensis** Benth. et Hook. (PALMIERS) (25).

a. Fruit.

β. Cône du type des Abiétinées (*Picea, Larix, Tsuga*).

(*Pl. IX.*) 167. **Larix europaea** L. (Pinacées) (23).

(*Pl. IX.*) 168. **Petrophila diversifolia** R. Br. (Protéacées) (38).

166. **Metroxylon vitiensis** Benth. et Hook. (25).

b. Inflorescence ♂; à l'état isolé, elle ressemble à un cône de Conifère tel que *Tsuga* ou *Picea*.

γ. Cône du type des Abiétinées (*Pinus*).

(*Pl. IX.*) 134. **Pinus monophylla** Torr. (Pinacées) (5).

169. **Hakea pandanicarpa** R. Br. (Protéacées) (12).

Le fruit isolé de cette espèce offre autant de ressemblance avec le cône de certains *Pinus* qu'avec le fruit composé des *Pandanus*. On pourrait aussi le rapprocher du fruit de certaines espèces de *Phytelephas;* on peut enfin le comparer à certaines galles, telles que celles de *Cynips Curtisii* (pl. V, 37).

II. Type du fruit de *Podocarpus*.

(*Pl. VII.*) 62. **Podocarpus agathifolia** Blume (Taxacées) (17).

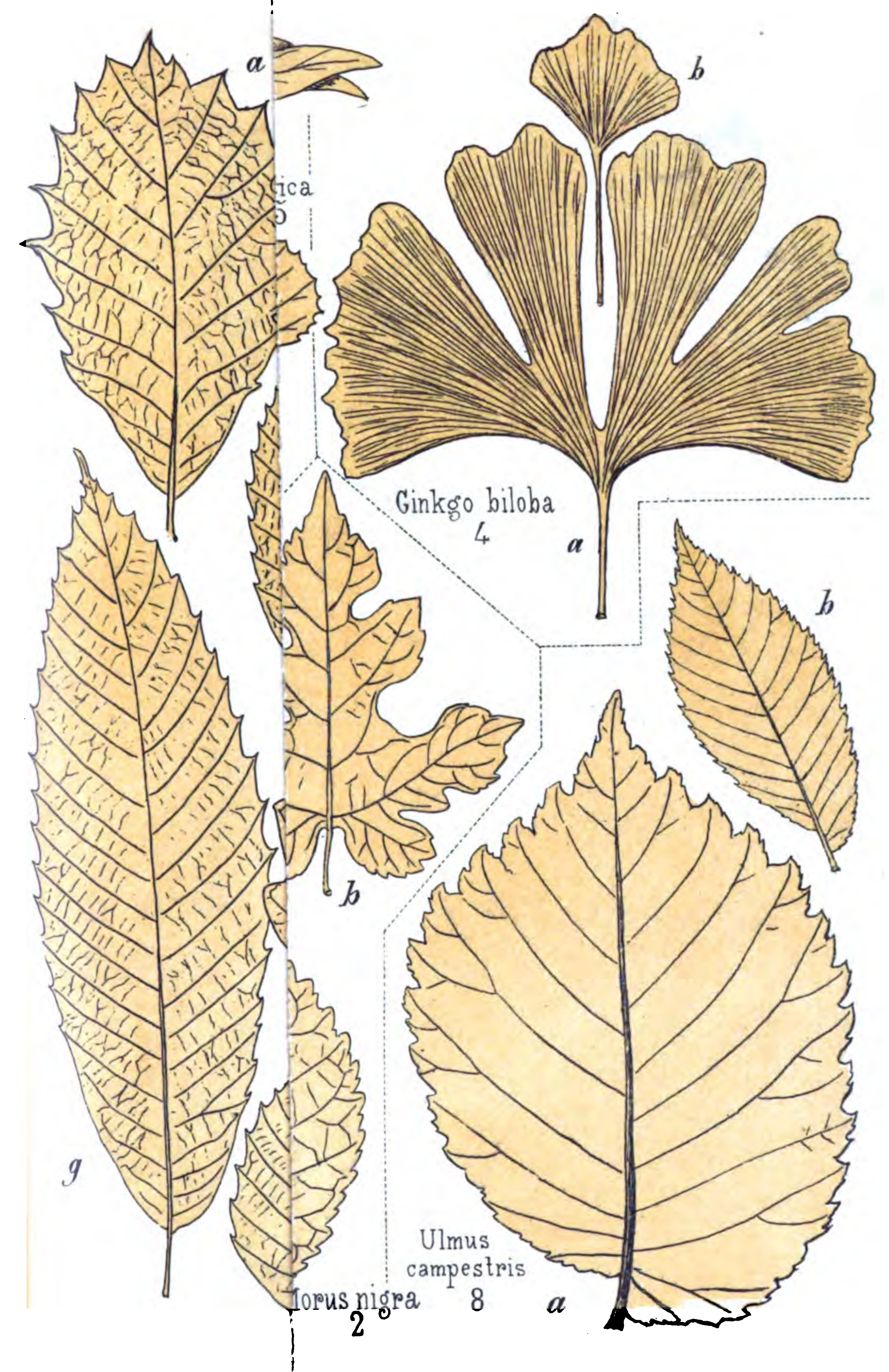
170. **Dehaasia media** Blume (Lauracées) (17).

BIBLIOGRAPHIE

1. *Solms-Laubach, H.*, Einleitung in die Palaeophytologie.
2. *Schenk, A.* et *Schimper, W.*, Handbuch der Palaeophytologie.
3. *Seward, A.-C.*, Fossil Plants.
4. *Zeiller, R.*, Éléments de Paléobotanique.
5. *Sargent, C.*, Sylva of North America.
6. *Baillon, H.*, Histoire des Plantes.
7. *Brandis, D.*, Forest flora of India.
8. *Christ, H.*, Die Farnkräuter der Erde.
9. *Britton, N.* et *Brown, A.*, Illustrated Flora of North United States.
10. *Engler, A.* et *Prantl, K.*, Pflanzenfamilien.
11. *Hooker, W.-J.*, Exotic Ferns.
12. *Hooker, W.-J.*, Icones Plantarum.
13. Gardener's Chronicle.
14. *v. Martius, C.*, Flora Brasiliensis.
15. *de Saint-Hilaire, A.*, *de Jussieu, A.* et *Cambessedes, J.*, Flora Brasiliae meridionalis.

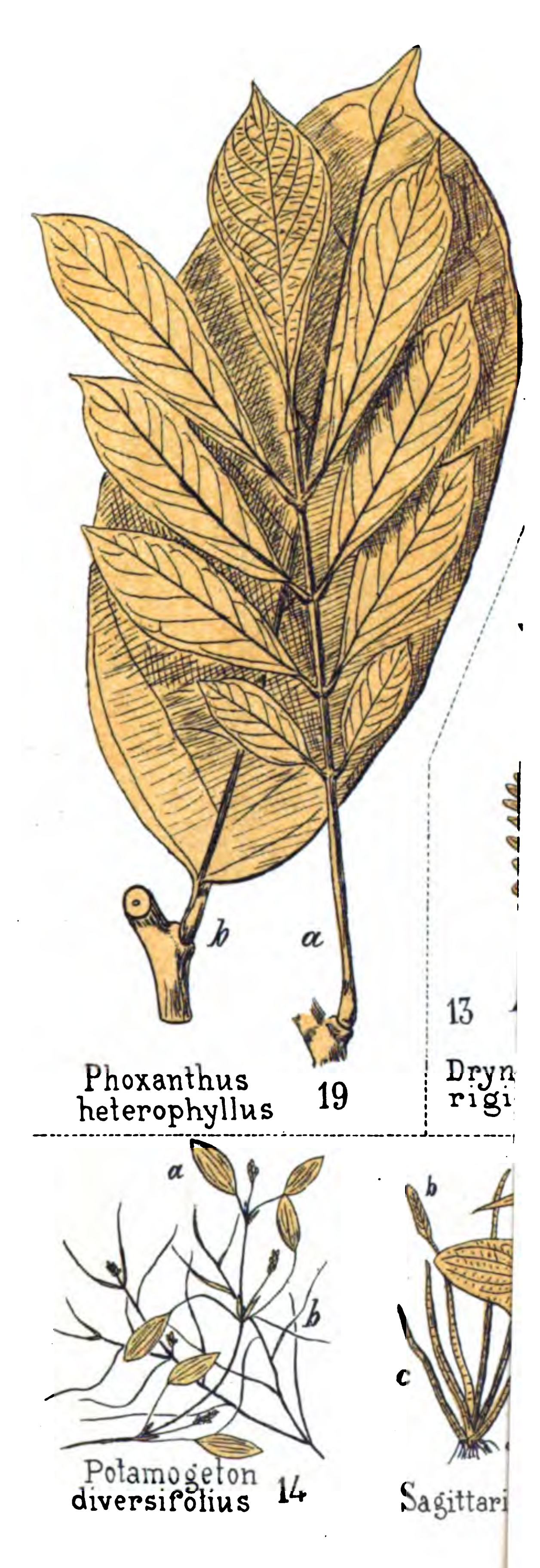
15ª. *Bonpland, A.*, *de Humboldt, A.*, *Kunth, C.*, Nova genera et species plantarum.

16. *Pfitzer, E.*, Grundzüge einer vergleichenden Morphologie der Orchideen.
17. *Blume, C.*, Rumphia.
18. Revue horticole.
19. *Beissner, L.*, Handbuch der Nadelholzkunde.
20. *Karsten, H.*, Flora Columbiae.
21. *Nypels, P.*, Maladie du Houblon. (*Ann. Soc. belge de Microscopie*, t. XXIII, 1898.)
22. *Kerner, A.*, Pflanzenleben.
23. *Hempel, G.* et *Wilhelm, K.*, Die Bäume und Sträucher des Waldes.
24. *Schröter, C.*, Ueber die Vielgestaltigkeit der Fichte, in Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, 1898.
25. *Seemann, B.*, Flora vitiensis.
26. *Oliver*, Botany of the Speke and Grant Expedition in Trans. of Linn. Soc., vol. XXIX.
27. *Reinke, J.*, Untersuchungen über die Assimilations-organe der Leguminosen in Jahrbücher für Wissent. Bot., vol. XXX, 1897.
28. Botanical Magazine.
29. Botanical Register.
30. *Weddell, H.*, Chloris andina.
31. *Hooker, J.-D.*, Botany of the Antarctic Voyage of H. M. SS. Erebusand Terror.
32. *Richard, A.*, Tentamen Florae Abyssiniae.
33. *Goebel, K.*, Pflanzenbiologische Schilderungen.
34. *Warming, E.*, Familien Podostemaceae Studier, Afh. IV.
35. *Wallich, N.*, Plantae Asiaticae rariores.
36. *Guillemin, J.*, *Perrotet, S.* et *Richard, A.*, Florae Senegambiae tentamen.
37. *Wàrburg, O.*, Das Pflanzenkleid und die Nutzpflanzen von Neu Guinea, in *Krieger, M.*, Neu Guinea.
38. *v. Beck, G.*, Itinera Principum S. Coburgi.

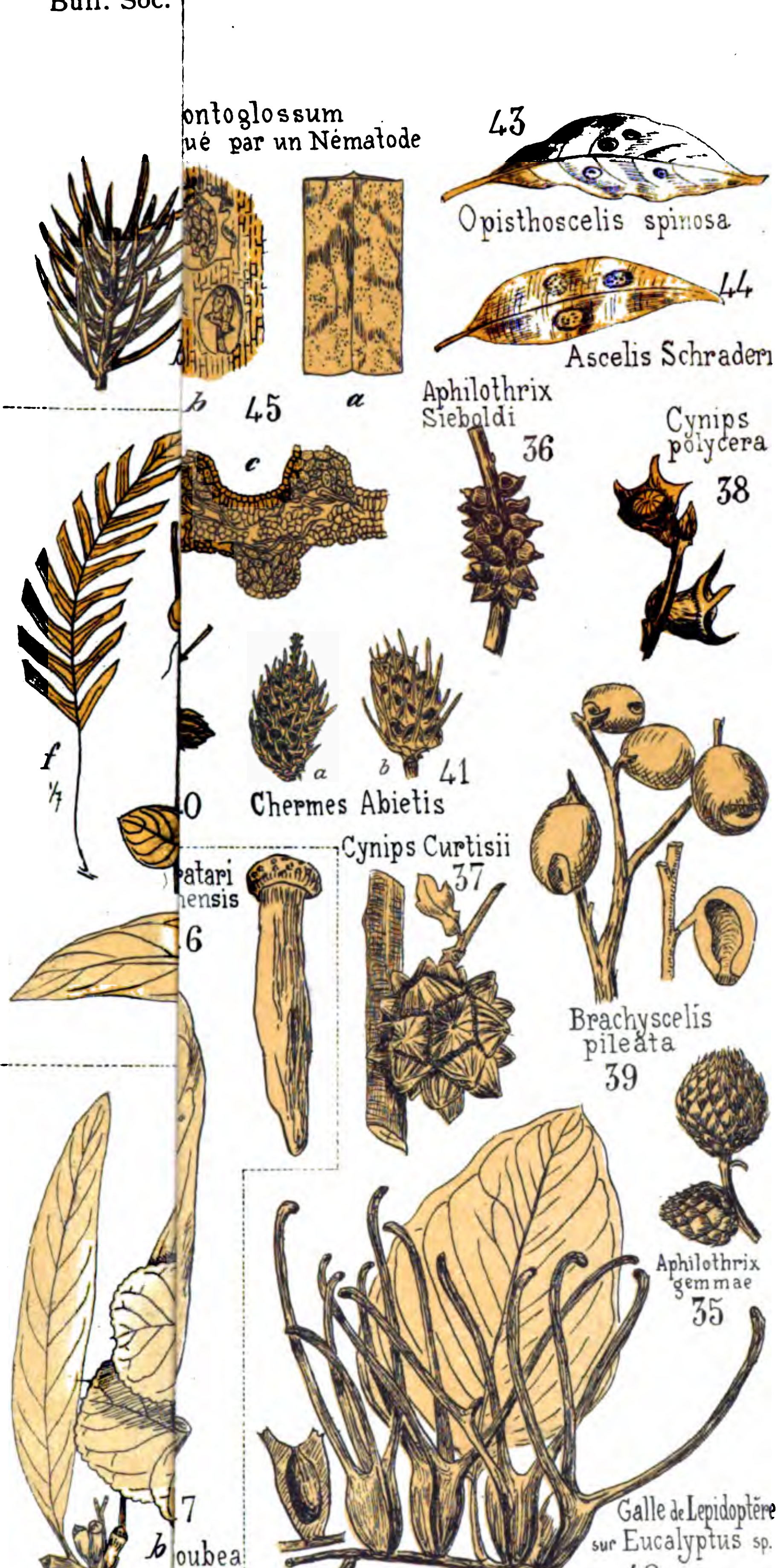


C. BOMMER. del.

Photolitho Etab^ts Jean Malvaux


b
a
13
Phoxanthus
heterophyllus
19
Dryn
rigi
a
b
Potamogeton
diversifolius
14
b
c
Sagittari

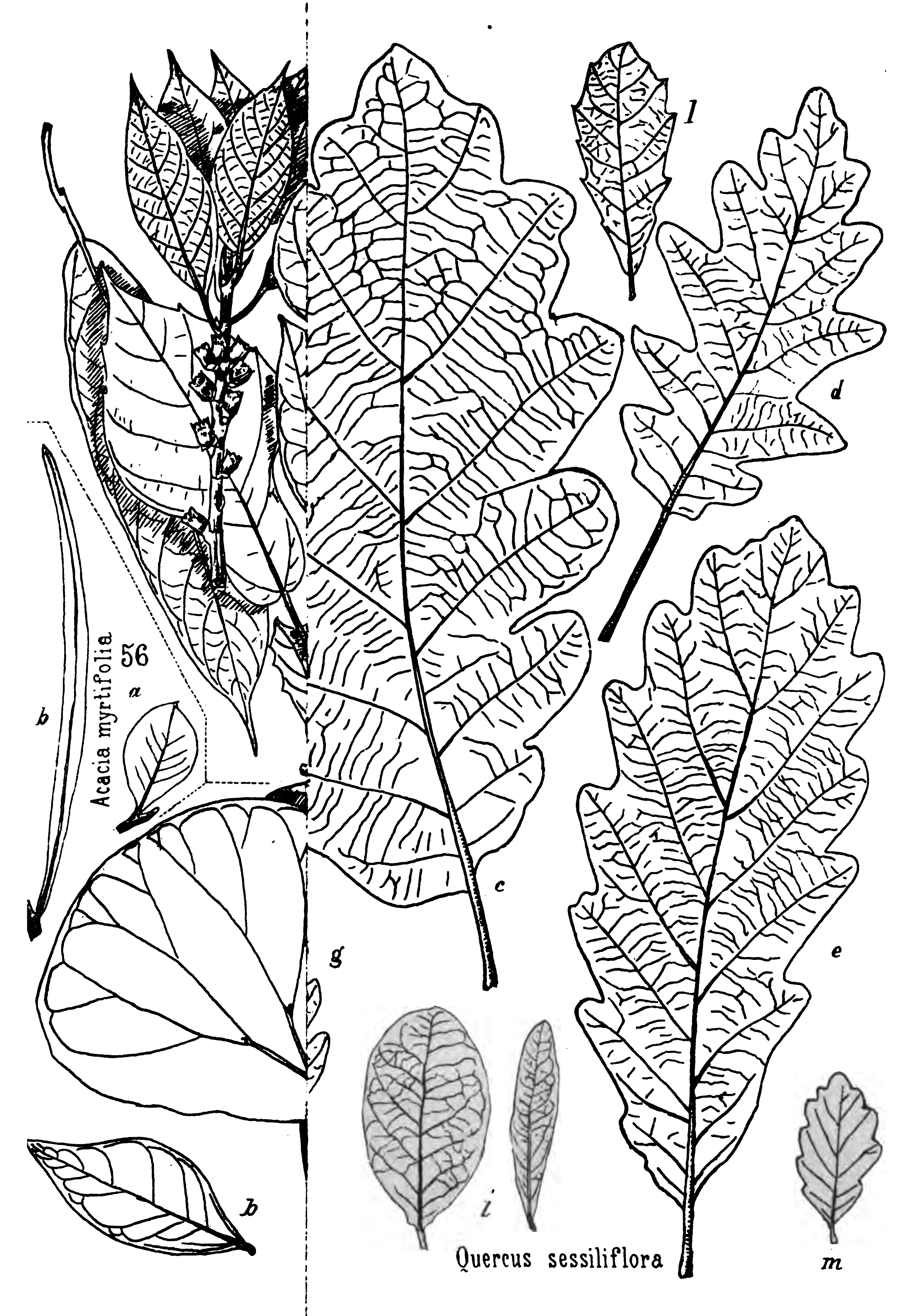
C. BOMMER, del.



Photolitho Étab^ts Jean Malvaux.

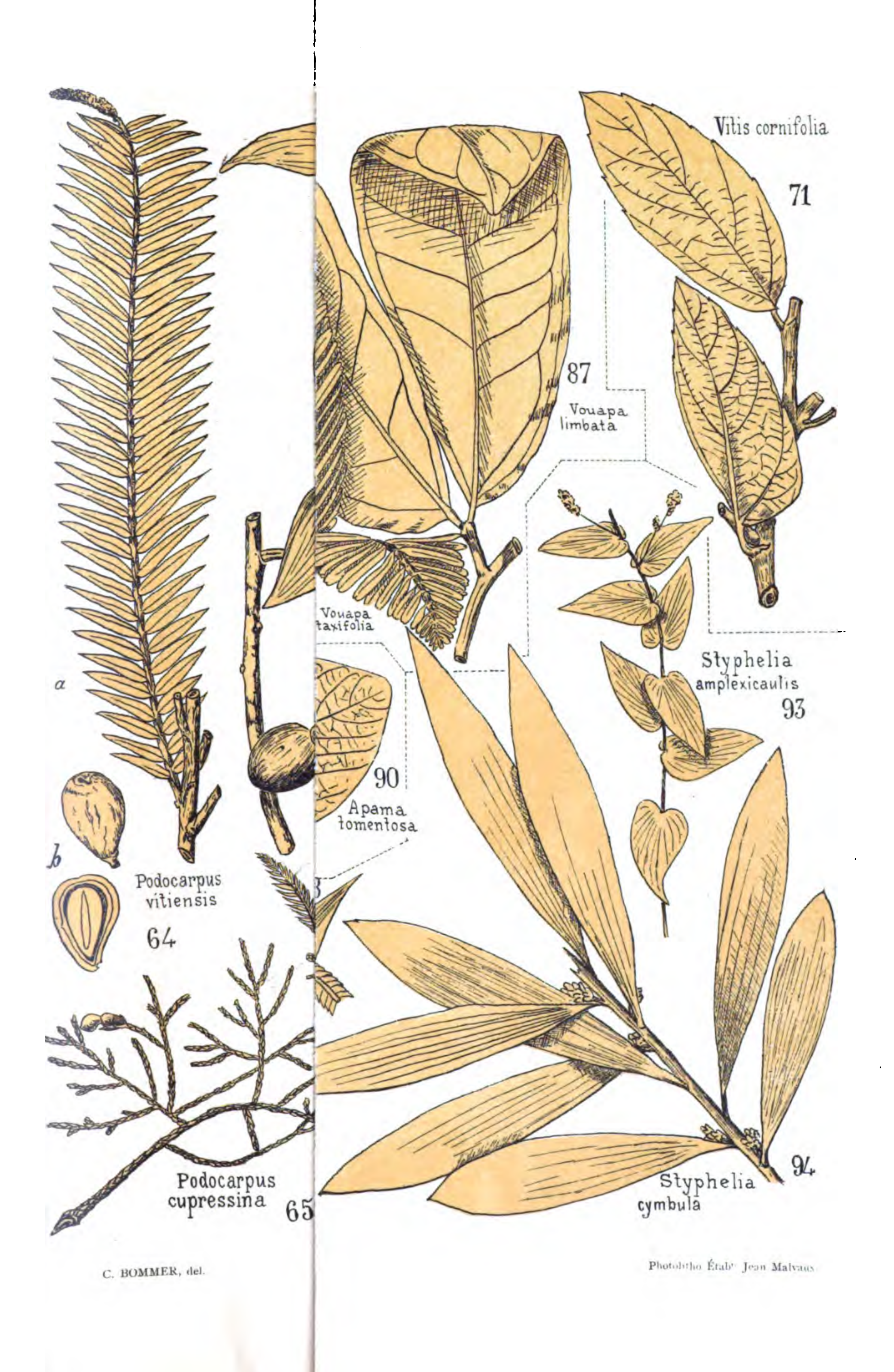
C. BOMMER. del.

NT D'UN ÉTAT PATHOLOGIQUE



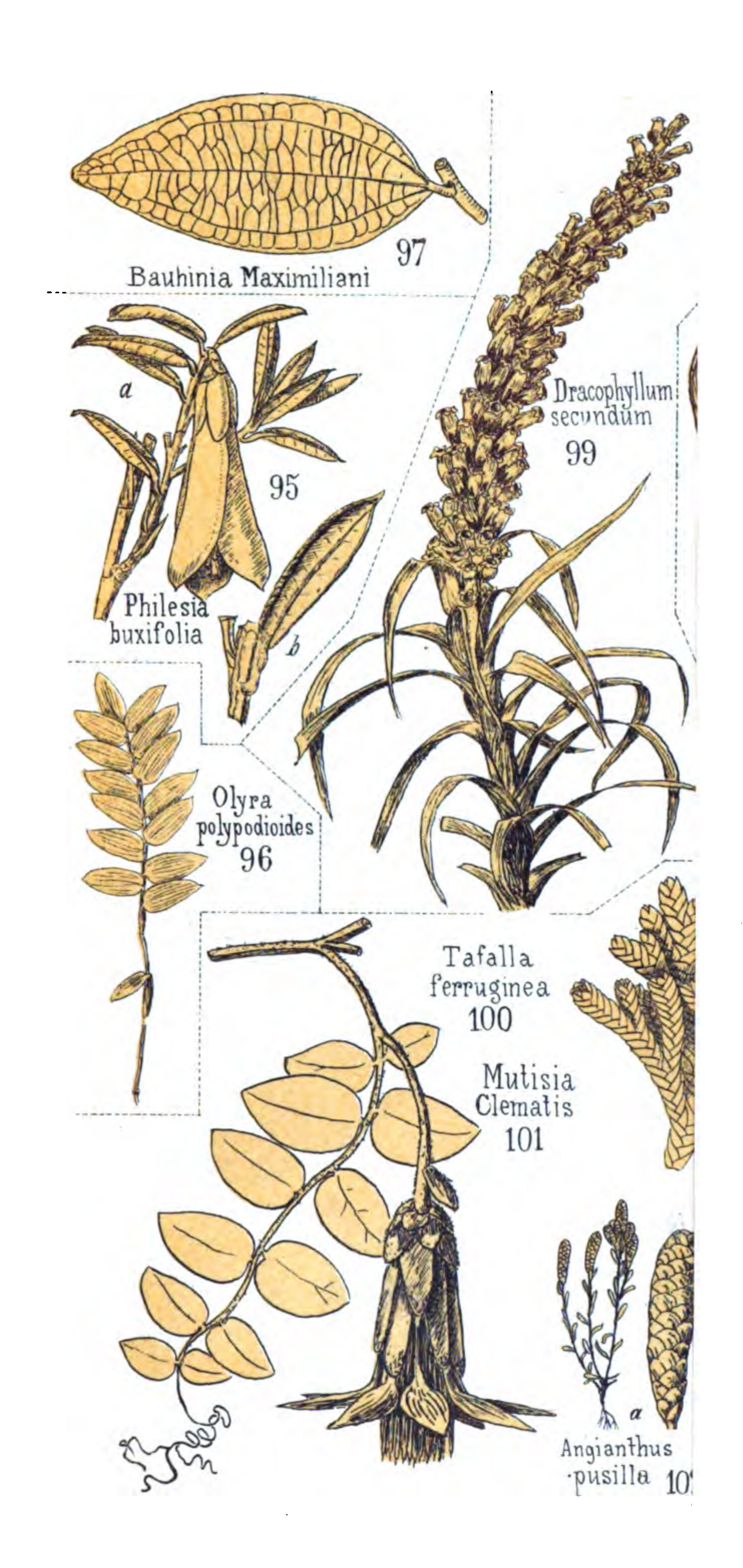
C. BOMMER. del

Photolitho Étab[ts] Jean Malvaux.



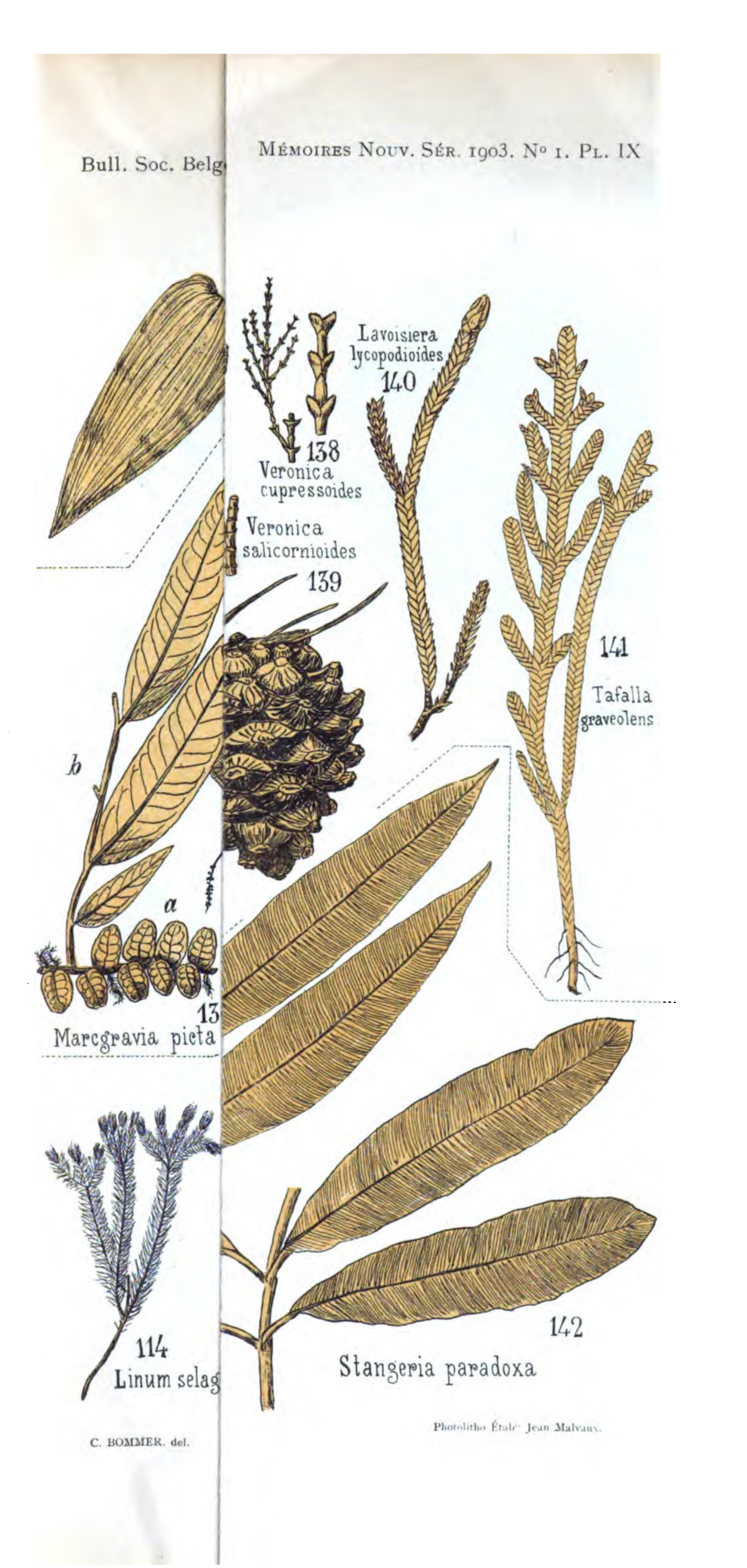
C. BOMMER, del.

Photolitho Étabt Jean Malvaux



C. BOMMER, del.

POL



C. BOMMER, del.

Photolitho Étabᵗ Jean Malvaux.

nalia avicennoides

Hymenocardia ulmoides 156

Ac
laevig
14

165
ana

a
Metroxylon vitiensis 166
b

153
Securidaca angustifolia

Thouinia decandr
152

126
Caltha dioneæfolia

127
Dionea muscipula

a
b 129
Cephalotus follicularis

128
Nepenthes ampullaria

C. BOMMER.

Photolitho Étabt Jean Malvaux.

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — 1908

LES CRISTALLISATIONS

DES

GROTTES DE BELGIQUE

PAR

W. PRINZ

Professeur a l'Université libre de Bruxelles

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

—

1908

J. C. Branner

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — 1908

LES CRISTALLISATIONS

DES

GROTTES DE BELGIQUE

PAR

W. PRINZ

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

—

1908

LES CRISTALLISATIONS

DES

GROTTES DE BELGIQUE

PAR

W. PRINZ

Professeur à l'Université libre de Bruxelles



BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, RUE DE LOUVAIN, 112

—

1908

LES CRISTALLISATIONS

DES

GROTTES DE BELGIQUE

La littérature relative aux formations stalactitiques est peu considérable. Les minéralogistes et les géologues laissent volontiers aux représentants d'autres sciences (spéléologues, paléontologues) le soin d'explorer les cavités souterraines et d'en décrire les merveilles. Il semblerait que les renseignements courants sur la croissance et la structure des ornements des grottes, suffisent à tout expliquer.

Notre dévoué collègue, M. E. van den Broeck, m'a instruit du contraire. Cédant à son aimable insistance, j'ai visité à diverses reprises, avec lui et avec M. E. Doudou, la grotte que ce dernier a découverte près d'Engihoul (Engis, Liége). J'ai pu me rendre compte de l'intérêt minéralogique qu'offraient les formations cristallines qu'elle renferme et choisir sur place, pour les étudier de près, celles qui présentaient des caractères exceptionnels. Ainsi est né le présent travail.

Avec sa générosité habituelle, M. E. Solvay a mis mon laboratoire à même de faire face aux dépenses qu'entraînaient les fouilles, dont j'avais reconnu l'utilité au point de vue de l'étude de l'érosion chimique.

M. le baron de Rosée, propriétaire, a bien voulu autoriser ces dernières recherches. Je les ai confiées à M. G. Cosyns, qui en a consigné les résultats dans deux notes, auxquelles je renvoie. On y trouvera, ainsi que dans les travaux que M. van den Broeck publiera de son côté, les renseignements topographiques, chimiques et autres.

Le présent mémoire reste limité à la description des cristallisations de cette

grotte et d'autres cavités encore, dans lesquelles M. Cosyns a recueilli, au prix de bien des peines, les mêmes stalactites : par exemple celle de Sy (Luxembourg) et surtout celle de Tilff (Liége). Comme des cristaux analogues se retrouvent dans les cavernes de Dinant, comme notre collègue, M. X. Stainier, en a observé de fort beaux à Bomal-sur-Ourthe, le titre de mon travail se trouve justifié et l'on comprendra que je n'aie pas cru devoir désigner la provenance de chaque échantillon.

A tous ceux qui, à des titres divers, ont favorisé mes recherches, j'adresse l'expression de toute ma gratitude.

Dans sa *Spéléologie au XXe siècle*, M. E. Martel, qui a su faire de l'exploration des cavernes une véritable science, constate, comme je viens de le faire, la pénurie de travaux consacrés aux stalactites : « l'étude de leurs formes et de leur croissance reste fort peu avancée », dit-il, et les rares citations contenues dans cette bibliographie, confirment l'appréciation émise par ce savant si autorisé.

Il est vrai qu'on sait de longue date que la multiplicité des formes des dépôts dus aux suintements, aux ruissellements, dépend de causes accidentelles : du débit de l'eau incrustante, de son degré de saturation, de la forme de l'ouverture de sortie, etc., etc., en sorte que les aspects peuvent varier à l'infini, sans qu'il y ait grand intérêt scientifique à les étudier.

Mais il n'en est pas de même des ornements dont j'ai à m'occuper. Leur mode particulier de développement les signale à l'attention, ce qui permettait de supposer qu'ils avaient déjà été l'objet de travaux spéciaux. Parcourons donc la littérature qui les concerne.

Je citerai d'abord les notes prises dans la Blue-John-Mine, à Castleton (Angleterre), par MM. Barnes et Holroyd. Ces explorateurs y mentionnent des cristaux de calcite « en forme de dent de chien » (scalénoèdre) et des « stalactites contournées, de petite taille, mais très nombreuses », baptisées du nom « d'anémolites (wind-stones) », parce que, pensent-ils, ces formations « sont dues à des changements de sens des courants d'air qui poussent l'eau d'un côté ou d'un autre : l'évaporation rapide provoque le dépôt du carbonate de chaux d'un côté plus que de l'autre ».

Cette explication, que l'on donne aussi aux visiteurs de certaines de nos grottes, ne saurait prévaloir, comme on le verra par la suite. Il faut également rejeter celle, des mêmes auteurs, qui rapporte à « de menus fongus couverts d'une légère couche de carbonate de chaux les excroissances, fines comme des poils, ayant à peu près un huitième de pouce de longueur (3^{mm}17) et qui sont terminées par un bouton rond ».

Par contre, MM. Barnes et Holroyd ont très bien reconnu l'action prépondérante de la dissolution, dans la formation de cette grotte qui paraît avoir beaucoup d'analogies avec celles de nos régions

Dans son attachant opuscule *Sur la croissance des pierres*, M. A. Brezina,

figure des stalactites des grottes de la Carniole, qui se rapprochent des nôtres. D'après la communication que M. Brezina a bien voulu me faire, le temps lui a manqué pour les décrire de façon détaillée. M. Martel en a photographié de semblables dans la grotte du Pont, à Majorque.

En Amérique, certaines cavernes contiennent aussi des ornements analogues à ceux qui vont nous occuper. Un géologue, M. P. Merrill, leur consacre quelques photographies et une discussion qui donne un excellent aperçu de leur origine. A en juger d'après les illustrations, ces excroissances vermiculées sont moins cristallines que celles des grottes belges.

Je passe sur les vagues indications relatives à des stalactites rappelant les nôtres, qui se trouvent éparpillées dans de courtes notes concernant les cavernes d'Europe, pour citer finalement l'article récemment publié dans un journal illustré par M. le Dr G. Fritsch, sur la grotte de Jenolan (Blue Hills, Australie). L'une des photographies accompagnant cette description représente un groupe de fils de calcite qui se rapporte évidemment aux objets que j'ai à décrire. Cette stalactite hérissée porte le nom caractéristique de « mystère ». Si une désignation particulière a été donnée à ce groupe, on est en droit de supposer que les formations analogues sont rares dans cette grotte, quoique ses galeries s'étendent sur plus de 600 mètres, suivant le plan que je trouve dans la *Geology of Sydney* de M. Curran.

Relativement aux cristaux proprement dits, qui terminent souvent les tubes et autres ornements fixés au plafond des grottes, rappelons qu'ils furent déjà déterminés exactement par le père de la cristallographie, Haüy. Les observations isolées de quelques spécialistes ont complété suffisamment ses descriptions, ainsi qu'on le remarquera plus loin.

Mais il ressort de cette revision de la littérature et des illustrations sommaires qui l'accompagnent, que nous disposons ici de matériaux exceptionnels, tant en qualité qu'en quantité. Leur description complète mérite d'être faite.

Afin de ne pas trop allonger celle-ci, j'ai multiplié les croquis et abrégé le texte, ce qui met le lecteur à même de se rendre mieux compte de la grande diversité de nos stalactites. Je n'ai tracé des dessins cristallographiques que quand l'épure ne schématisait pas trop l'aspect de l'échantillon. Les formes cristallines, ainsi que leurs combinaisons, étant très simples, les petits solides dessinés à main levée à côté de certaines pièces suffiront à préciser leurs caractères géométriques et leur orientation.

Dans le cas présent, il était inutile aussi d'accumuler les mesures goniométriques. D'une centaine de résultats, je n'ai renseigné que ceux qui pouvaient aider à la compréhension du texte. Ces valeurs angulaires sont données en angles normaux (supplément de l'angle réel).

La notation adoptée est celle de Lévy. Les angles calculés sont donnés d'après Des Cloizeaux.

Les pièces sont ordinairement représentées en position de gisement; d'autres sont figurées en position d'examen. Le contexte permettra de reconnaître l'orientation naturelle.

Les indications bibliographiques ont été placées à la fin du mémoire; les passages désignés plus spécialement sont notés dans le texte par la pagination entre parenthèses.

Quand on parcourt les couloirs encore revêtus de leur végétation de calcite de nos grottes, lorsqu'on jette les yeux sur les échantillons qu'on y a récoltés, on reconnaît bientôt la possibilité de classer tous ces ornements en un certain nombre de types, réunis par d'innombrables formes de passage. J'examinerai successivement :

Les stalactites :

Les tubes et les baguettes;
Les ergots et autres appendices qu'on y remarque;
L'épaississement de ces formes;
Les fils et les clochettes;
Les crochets, les gargouilles et autres ornements des parois;
Les draperies.

Les stalagmites :

La soudure des stalactites au sol;
Les stalagmites proprement dites;
Les débris collés au sol, les guérissages, etc.;
Les efflorescences du sol;
Les bassins de cristallisation (gours) et leur contenu.

Chacune de ces divisions sera traitée dans un nombre variable de paragraphes, d'étendue bien différente. Malgré mon désir d'en rester aux grandes lignes, j'ai dû poursuivre quelques descriptions jusque dans d'infimes détails, afin de remonter jusqu'à la source de certaines transformations, si considérables, qu'elles ne pouvaient être passées sous silence.

Petites causes, grands effets, telle est l'épigraphe qui conviendrait le mieux à mon exposé.

LES STALACTITES

§ 1. Généralités. — Les stalactites communes, opaques, jaunâtres, sont le résultat du suintement des solutions incrustantes, ce qui autorise leur comparaison avec les pendentifs analogues dont le gel et le dégel festonnent le rebord des toitures. Ce rapprochement est aussi ancien que l'observation des ornements des grottes.

Les cônes pleins, de carbonate de calcium, ont une structure rayonnante dans la cassure, les axes des cristaux constitutifs étant approximativement perpendiculaires à l'axe de la pièce. D'après les récentes études de M. Futterer, les cônes de glace présentent un arrangement analogue, quoique moins net ; on y retrouve pourtant la disposition radiée des grains d'orientation variable, ainsi que des cercles concentriques d'inclusions bulleuses, évidemment comparables aux zones colorées des stalactites calcaires.

Ces formations s'expliquent donc très simplement dans leur ensemble, mais il est probable que leur étude détaillée amènerait à modifier les interprétations qu'on en a données, telles que celles de Senft, ou encore celles de Lapparent. Dans son classique traité de géologie, ce dernier admet qu'au début, la calcite des stalactites et des stalagmites se dépose en tout petits cristaux, disposés en couches concentriques, concrétionnées, molles, imbibées par les eaux calcaires, et que ce n'est qu'une recristallisation ultérieure qui les transforme en un seul individu, à clivages parallèles, avec effacement de la structure primitive (4me éd., p. 331).

Senft pense que l'épaississement des stalactites a lieu par superposition de pellicules glaireuses de carbonate calcique. Leur forme conique serait le résultat de dépôts successifs de moins en moins longs, le calcaire se déposant de plus en plus rapidement dans le haut, au fur et à mesure que la surface s'accroît. Les bourrelets proviendraient d'un glissement, d'un tassement, des pellicules glaireuses (p. 281).

Certaines stalactites sont, il est vrai, peu cohérentes, papyracées, terreuses, sans que le processus admis par Senft leur soit applicable. Cet auteur ruine, du reste, lui-même sa conception en remarquant que les stalactites de glace ont les même bourrelets. Tous ces pendentifs sont des formes de ruissellement, dont on retrouve des analogues aussi bien parmi les recouvrements de matières visqueuses, telles que le verre, les laves, la stéarine, etc., que parmi celles qu'édifient des solutions fluides de sels divers et même les particules impalpables entraînées par des

gaz. — Leur étude sort des limites que je me suis imposées; elle serait à reprendre sur d'autres bases et avec plus de patience que ne l'a fait De Lafontaine.

Les recristallisations qui ont lieu dans les incrustations des grottes sont, en somme, exceptionnelles. Les stalactites dont j'ai à m'occuper n'en présentent pas de traces. Chacune a pour point de départ un individu cristallin, ou un petit nombre de ceux-ci, tubulaire ou plein, dont l'orientation moléculaire détermine celle des couches suivantes, au moins pendant un certain temps.

Pour comprendre leur agencement, nous avons donc à nous remémorer d'abord les propriétés cristallographiques du carbonate de calcium.

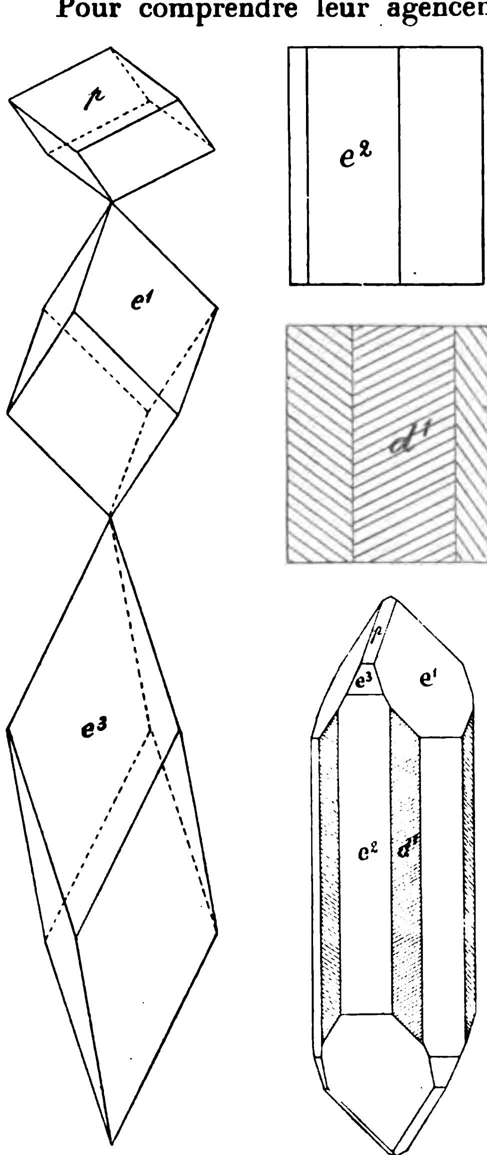


Fig. 1.

La calcite est certainement le minéral le plus riche en combinaisons cristallines qui soit; on en connaît un millier. Il est d'autant plus remarquable de constater que la calcite des grottes est limitée à quelques formes, toujours les mêmes, à en croire les indications que j'ai pu réunir.

On sait que ce minéral a un clivage marqué, suivant les faces d'un rhomboèdre considéré comme primitif, *p* de la notation de Lévy; mais cette forme constitue rarement les cristaux; ce sont des rhomboèdres plus aigus ou plus obtus qui leur donnent les aspects caractéristiques bien connus. Les uns sont directs, c'est-à-dire tournés avec une face en haut vers l'observateur; les autres sont inverses et présentent une arête, en haut, vers le spectateur. On en a observé un grand nombre.

Dans les stalactites, Haüy en renseigne trois, auxquels il donne, suivant l'usage d'alors, des noms particuliers; ce sont : le *primitif*, l'*inverse* et le *contrastant*, c'est-à-dire précisément ceux que vom Rath trouvait, avec le prisme en plus, sur les tubes cristallins extraits de la grotte de Bellamar à Cuba, exposés à Paris en 1867. Les mêmes sont encore mentionnés par von Zepharowich et Vrba. Si j'ai trouvé d'autres formes sur les échantillons fournis par nos grottes, c'est que je disposais d'un très grand nombre de pièces.

Ces trois rhomboèdres sont figurés ci-dessus (fig. 1), avec leur orientation

réciproque, ce qui permet de voir que p tronque parallèlement les arêtes culminantes de e^1 et que ce dernier, à son tour, tronque parallèlement les arêtes culminantes de e^3.

Ils sont associés, dans les cristaux des grottes, à deux prismes hexagonaux dont l'orientation correspond à celle des rhomboèdres. L'un, noté e^2, a une face vers l'avant, tandis que l'autre, noté d^1, est tourné avec une arête vers l'observateur. Ce deutéroprisme est strié suivant les arêtes en zigzag de p.

Fréquemment, un même cristal, ayant l'aspect donné par la dernière projection de la figure 1, constitue une combinaison de toutes ces formes.

Les diverses notations employées pour les désigner sont reproduites dans le tableau suivant, avec les angles normaux des arêtes culminantes de chacun d'eux; j'y ajoute les autres formes que j'ai rencontrées.

Haüy.		Naumann.	Lévy.	Bravais.	Angles culm. normaux.
—		—	—	—	—
Le rhomboèdre	primitif	R	p	$\}10\bar{1}1\{$	74°55′
—	inverse.	— 2R	e^1	$\}02\bar{2}1\{$	101° 9′
...	contrastant.	4R	e^3	$\}40\bar{4}1\{$	114°10′
La base.		oR	a^1	$\}0001\{$	
Le prisme hexagonal (protoprisme, prisme direct).		∞ R	e^2	$\}1010\{$	
Le prisme inverse (deutéroprisme).		∞ R2	d^1	$\}11\bar{2}0\{$	
Le scalénoèdre.		R3	d^2	x $\}21\bar{3}1\{$	

Les dernières formes ne sont que rarement mesurables; par contre, on sait facilement observer

$$e^3 : e^1 = 57° \ 5'$$
$$p : e^1 = 50°35'$$
$$p : e^3 = 31°10'$$

et quelques autres angles, suivant la disposition des pièces. Ce travail est rendu pénible par la nécessité dans laquelle on se trouve de manier des échantillons encombrants et fragiles, dont chacun nécessite un support spécial, si l'on veut éviter de le sacrifier.

La pureté des faces de ces diverses formes est variable (§ 10). Les moins bonnes sont celles de e^1, dont les mesures, laborieusement obtenues, dépassent souvent 102°. Ces valeurs sont sans signification vis-à-vis des pointés, toujours voisins de 101°, réalisés sur les bons cristaux.

Les trois rhomboèdres sont communs sur nos stalactites; d^1 s'y reconnait presque toujours. Les formes d^2 et a^1 sont rares; le rhomboèdre $e^{7}/_{5}$, découvert par M. Abraham (§ 51), est exceptionnel.

§ **2**. Les tubes. — Les stalactites tubulaires sont mentionnées dans tous les traités de minéralogie. Elles ont un diamètre assez constant, déterminé par la grosseur d'une goutte d'eau, soit un peu plus de 5 millimètres. Celles qui dépassent ces dimensions ont subi un accroissement extérieur. L'épaisseur de la paroi est d'une fraction de millimètre; j'en ai mesuré qui avaient moins d'un dixième de millimètre. Leur longueur varie de quelques centimètres à 1 mètre, jusque 2 mètres. La plupart sont droites; exceptionnellement on en observe de courbes et de contournées. Leur mode de formation est facile à concevoir, aussi a-t-il été décrit exactement par plusieurs anciens minéralogistes. On ne saurait mieux en parler, de façon générale, que le fit Haüy dans le passage suivant :

« L'eau qui s'infiltre dans les fissures... forme des gouttes qui restent suspendues un certain temps à la voûte. Elles éprouvent un desséchement qui commence par la surface extérieure, et les molécules pierreuses, dont le liquide se dessaisit, exerçant leur action les unes sur les autres et attirées en même temps par la paroi dont elles sont voisines, forment en cet endroit un tube initial ou une espèce de petit anneau. Ce rudiment de tube s'accroît et s'allonge par l'intermède des autres gouttes, qui arrivent à la suite de la première, en conduisant de nouvelles molécules que l'orifice du tube attire à son tour. Quelquefois ce tube conserve la forme d'un cylindre creux, de peu d'épaisseur et semblable à un tuyau de plume. Mais le plus souvent il grossit et s'enveloppe de couches concentriques, dont la matière est formée par le liquide qui descend le long de la surface extérieure. Il devient alors un cylindre épais ou un cône, et quelquefois les molécules charriées par les gouttes qui coulent aussi dans l'intérieur de son canal finissent par l'obstruer entièrement. »

Plus loin, le même auteur continue : « Ces concrétions tubulées présentent un fait curieux, qui consiste en ce qu'elles sont susceptibles d'être divisées parallèlement aux faces d'un rhomboïde semblable au primitif, dont l'axe se confondrait avec celui du tube. On est surpris de trouver le noyau d'une forme déterminable, caché sous celle d'une stalactite; et rien ne prouve mieux la puissance de la cristallisation que la formation de ces corps, moitié tubes par leur configuration, moitié rhomboïdes par leur structure, et dont les molécules, charriées par une eau qui descendait goutte à goutte, ont pris, en se réunissant, l'empreinte des mêmes lois auxquelles obéissent celles qui sont tenues en dissolution dans un liquide tranquille. Quelquefois, le tube est terminé inférieurement par un cristal proprement dit, dans lequel les lames composantes sont parallèles à celles dont ce tube est l'assemblage. Ce cristal prend, suivant les circonstances, différentes formes parmi lesquelles j'ai observé celles du rhomboïde inverse, du contrastant et de la variété moyenne. (pp. 90 et 364) ».

Une description cristallographique plus concise, mais plus moderne, est donnée par les lignes que M. Cesàro consacre précisément à la calcite fistulaire de Tilff, dans un de ses savants travaux sur les minéraux belges :

« L'orientation est la même que celle d'un cylindre creusé dans un cristal de calcite avec son axe parallèle à l'axe ternaire. C'est un vrai cristal creux limité par une surface cylindrique... *Ici il ne s'agit plus évidemment de faces à caractéristiques simples :* la surface cylindrique résulte de l'ensemble d'une série de faces de la forme $h10$ [donc prismatiques], h étant quelconque ou variant très lentement. La surface, cependant, n'est pas quelconque, mais accuse la cristallinité par de nombreuses stries parallèles aux intersections des clivages avec le cylindre; l'arrangement est ternaire autour de l'axe vertical » (p. 94).

Il sera question de ces stries au § 4.

§ **3**. — Les tubes sont assimilables à des empilements de rhomboèdres e^1, avec diverses facettes modifiantes. Ils n'ont pas tous l'axe cristallographique principal cc_1 confondu avec l'axe de l'empilement, comme dans le premier schéma ci-contre (fig. 2). On trouvera, par la suite, des exemples d'inclinaisons telles que celle du deuxième schéma, où les rhomboèdres se pénètrent parallèlement à une face (fig. 3), et d'autres encore (fig. 39).

Dans le deuxième empilement, deux faces opposées e^3 deviennent verticales et l'axe principal s'incline de 14°13′ sur l'axe de la pile. Lorsque cette condition est sensiblement réalisée, les faces brillantes e^3 forment

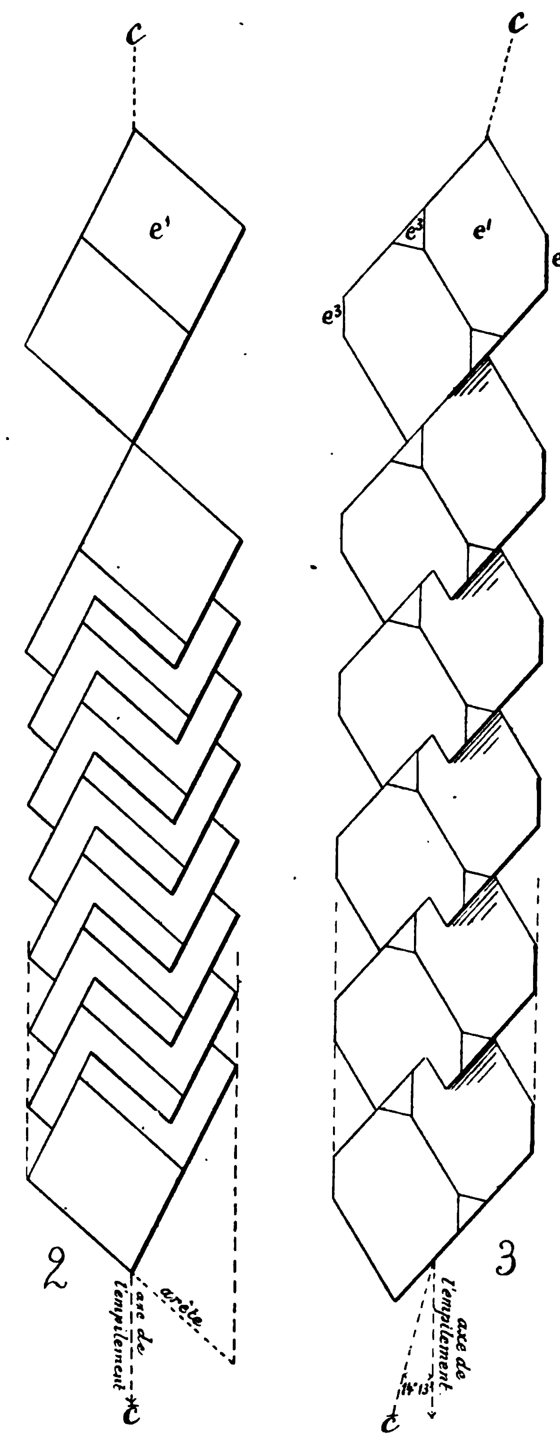


Fig. 2 et 3.
Projections orthogonales sur une face de d^1.

des troncatures presque continues tout le long de l'échantillon. Quand ces facettes sont légèrement inclinées, elles apparaissent sur les nodosités isolées de la pièce ou contribuent, avec d'autres, à constituer une infinité de pointements microscopiques, qui recouvrent la stalactite d'un moiré scintillant. La forme *p* se présente fréquemment dans ces conditions; de très bonnes mesures sont ainsi rendues possibles.

L'extrémité des tubes se termine par de fines dentelures, plus rarement par de grandes indentations, à faces plus ou moins parallèles, simulant un petit trépan. La forme de la terminaison ne varie pas d'une façon sensible durant l'allongement de la stalactite, ainsi que l'indiquent les cicatrices annulaires qui se suivent sur toute leur longueur (fig. 4). On compte jusque 15 à 25 de ces marques circulaires par centimètre sur certains échantillons; elles indiquent autant de variations dans la marche de l'accroissement. Un grossissement suffisant établit que les éléments allongés, constituant les anneaux, sont en creux (fig. 4*e*), tandis que les parties intermédiaires, lisses, sont en relief.

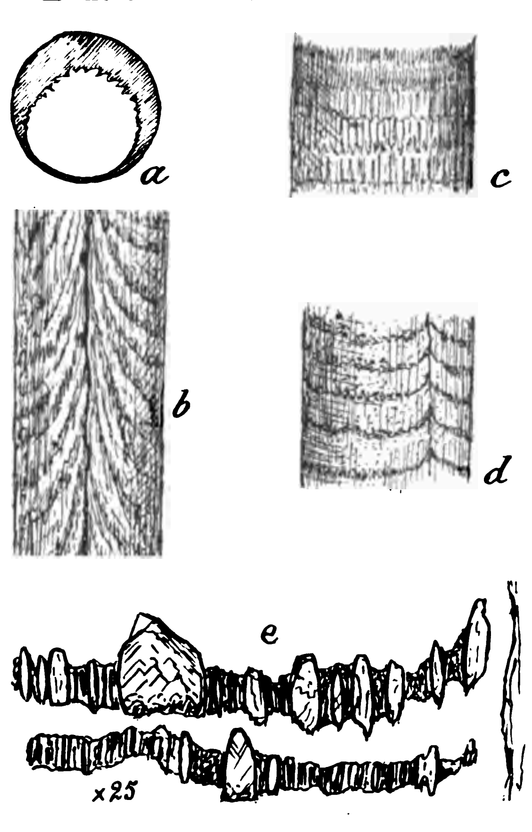


Fig. 4.

Pour beaucoup de tubes, le vide central est excentrique (fig. 4*a*). La génératrice la plus mince aboutit, à l'extrémité, à une échancrure accusée, qui correspond à un joint courant tout le long de l'échantillon. C'est que celui-ci n'est pas simple. Il est d'ordinaire composé de deux empilements, légèrement inclinés l'un sur l'autre, ce qui amène la formation d'un double pointement terminal, lorsque le tube se ferme par cristallisation. De là aussi l'angle rentrant des cassures de clivage; les mesures établissent qu'il est de quelques degrés, sans être constant. Sur les tubes épais, on constate que le joint est diamétral; il peut y en avoir plusieurs qui provoquent des cassures d'aspect variable, suivant que les individus constituants se prolongent plus ou moins loin le long du tube. A titre d'exemple, je citerai les mesures prises sur un gros tube dont le joint diamétral avait facilité la végétation de nombreuses excroissances latérales. A un bout, deux faces de clivage, inclinées en rentrant, faisaient un angle de 18°34'; 4 centimètres plus loin, l'angle avait 18°48'. Généralement, l'inclinaison est plus faible.

Sur le croquis ci-contre (fig. 5), représentant sous une amplification de quatorze fois une terminaison de tube avec deux échancrures et de nombreuses facettes, se trouve aussi la projection, sur une face antérieure du prisme e^2, des deux individus constitutifs, supposés normalement développés et parallèles.

Je ne puis rappeler qu'en passant l'existence d'une suture longitudinale sur les cônes de glace, signalée par M. Futterer La glace est également rhomboédrique. Il y aurait lieu d'étudier l'origine de cette similitude.

Ces délicats cristaux tubulaires acquièrent des longueurs de 1 et de 2 mètres; nous verrons que malgré leur minceur et la fragilité de la calcite, ils sont plus résistants qu'ils ne le paraissent. Leur poids ne dépasse pas 30 à 40 grammes par mètre, plus le poids d'une dizaine de centimètres cubes d'eau qui remplit ceux à large canal; ceux dont l'enveloppe est mince ne pèsent guère que 25 grammes.

Les causes amenant leur rupture, ainsi que les transformations que subissent leurs débris, seront examinées dans la suite.

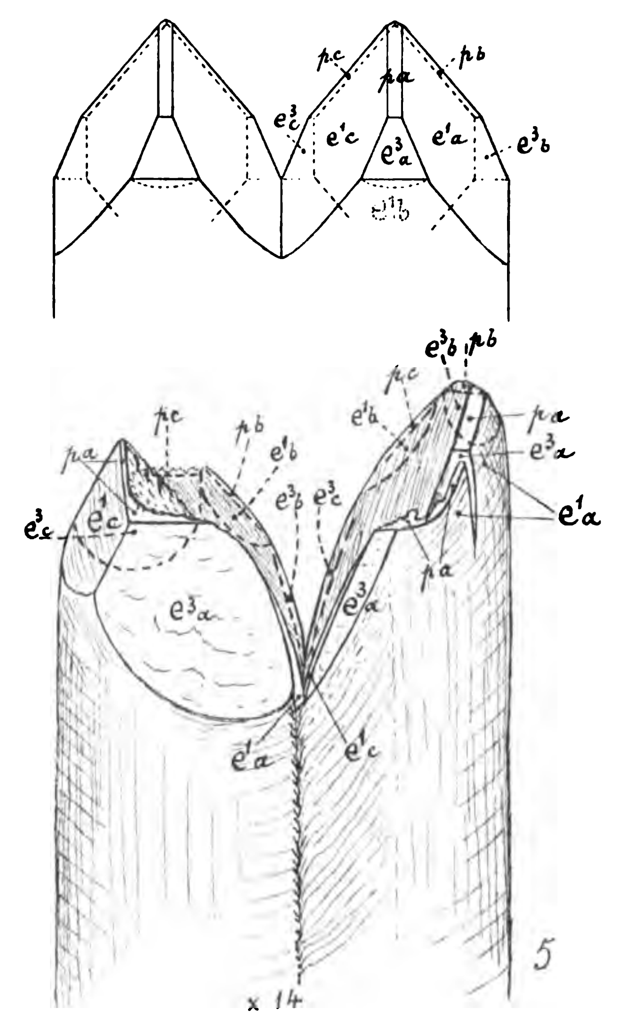


FIG. 5. — Projection orthogonale sur une face antérieure du prime hexagonal e^2.

§ **4**. LES BAGUETTES. — J'ai donné ce nom à des tiges pleines, ou presque pleines, constituées encore par des empilements de rhomboèdres e^1, dont la croissance est alimentée tantôt par un canalicule excentrique, tantôt par un ou plusieurs joints. Elles sont fréquemment en spath limpide et couvertes de stries et de rugosités cristallines. Leur diamètre est moindre que celui des tubes (au-dessous de 5 millimètres); leur longueur ne dépasse pas quelques décimètres au plus L'une des formes peut passer à l'autre : le tube se continue par une baguette.

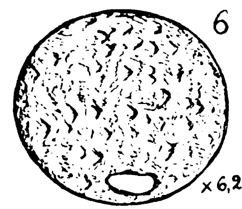


FIG. 6.

Dans la coupe fig. 6, le canal est assez large; les arrachements triangulaires, dont la surface est couverte, proviennent du polissage.

La figure 7 représente la terminaison d'une baguette simple avec tous ses détails; au-dessus se trouve la projection du cristal normalement développé. Ce pointement possède le scalénoèdre d^2, qui manque habituellement. Par contre, il n'a qu'une indication des stries, qui sont si fréquentes.

Ces dernières correspondent aux six arêtes non culminantes du rhomboèdre p et se suivent sur des plats, plus ou moins développés, que je noterai d^1. En effet, un bout d'une semblable tige, placé verticalement sur le goniomètre à cercle horizontal, renvoie des lueurs obliques permettant des lectures telles que les suivantes, pour un tour entier de la pièce (fig. 8) :

59°34′ 60°21′ 60°31′ 60°32′ 58°57′ 60°5′

FIG. 8.

D'autres sont couvertes de pointements microscopiques, striées comme une lime dite queue de-rat, et laissent reconnaître, au goniomètre, la plupart des formes déjà énumérées.

FIG. 7.
Projection sur une face antérieure du prisme hexagonal e^2.

$e^3 : e^3 = 114°10'$ et $65°50'$
$e^3 : d^2 = 19°24'$
$e^1 : d^2 = 37°41'$

Un fragment choisi, fixé sur l'instrument de façon que l'axe de la zone $e^1 d^2 e^3$ soit vertical, donne les mesures réunies dans la projection figure 9, dont le plan est perpendiculaire à cet axe. Les angles observés correspondent aux valeurs calculées ci-dessus.

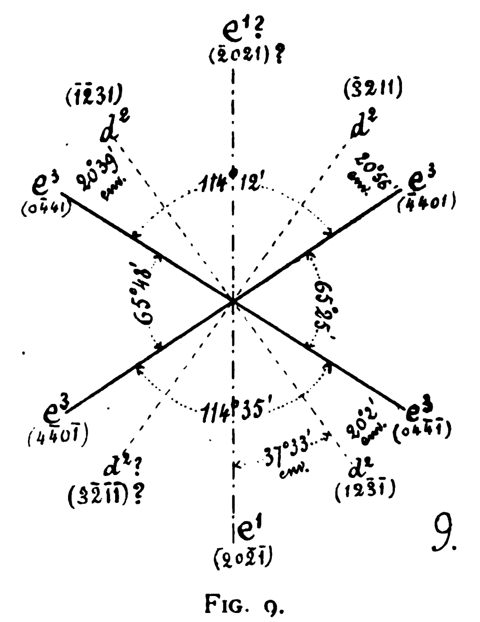


FIG. 9.
Projection sur un plan normal à l'axe de zone $e^1 d^2 e^3$, des angles normaux de ces faces.

Certaines baguettes présentent une extinction oblique; l'axe est alors incliné de 14°13′ environ sur l'axe de l'empilement, de façon à correspondre au schéma figure 3. Grâce à cette orientation et à celle qui est discutée au § 13, les faces e^3 forment des bandes polies le long de la pièce.

La plupart de ces tiges sont constituées par plusieurs individus cristallins, séparés par des joints non soudés, chaque cristal ayant une orientation plus ou moins différente de celle de son voisin. L'examen optique d'une section longitudinale apprend que les axes forment un angle de quelques degrés, qui n'est pas constant. Le manque de parallélisme se constate d'ailleurs directement sur les arêtes des pointements terminaux (fin § 23) et encore sur les plans de clivage. La section transversale d'un tronçon de baguette (fig. 10 ; × 5) donne, par exemple, les mesures suivantes :

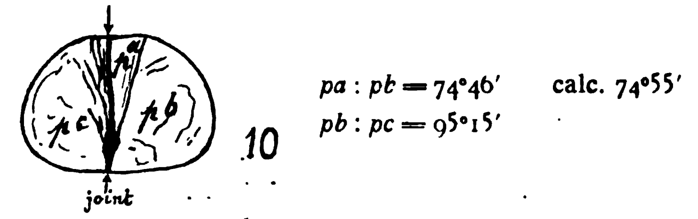


Fig. 10.

Ces groupements expliquent la multiplicité des faces d^1, à stries obliques, que l'on trouve sur certains de ces cylindres. Dans la figure 11, on a la projection sur un plan normal à l'axe, d'une cassure mettant en évidence la disposition des arêtes de clivage qu'il a été possible de réaliser sur les quatre individus associés (traits fins). Les joints, disposés en croix, (traits barbelés) sont rendus visibles. Les traces des plans striés d^1 sont reconnaissables par de légers aplatissements dans le contour (traits gras) ; les faces striées sont rabattues tout autour de la projection. Il y en a dix ; un peu plus loin, il n'y en avait plus que sept.

× 8

Fig. 11.

Ces joints, souvent accompagnés d'un canalicule, changent ainsi de disposition le long de la pièce et, de même que les sutures des tubes proprement dits, permettent des suintements latéraux ainsi que l'amorce de bourgeons cristallins. Des ornements compliqués se greffent sur la stalactite en modifiant complètement son aspect.

Voyons la marche de ces transformations.

§ 5. L'obstruction partielle des stalactites tubulaires. — Les complications auxquelles il vient d'être fait allusion se produisent volontiers lorsque la stalactite se bouche.

L'obstruction se fait par la cristallisation complète de son extrémité, ou encore

par l'accroissement de pointements internes. Un échantillon s'est montré clos par une mince membrane cristalline, permettant néanmoins le suintement du liquide par d'infimes interstices.

Plus curieuse est la façon dont se ferment les tubes dont une cause quelconque a amené la rupture. Le plan de clivage mis à nu s'entoure d'une collerette cristalline qui se contourne en se développant (fig. 12 à 16). D'autres s'agrémentent d'un petit pavillon dont l'ouverture est à angle droit sur le tube; le fond est fermé, mais l'alimentation se fait encore au travers du bouchon ou par une petite ouverture latérale (en noir), à la façon des sels grimpants (fig. 15 et 16).

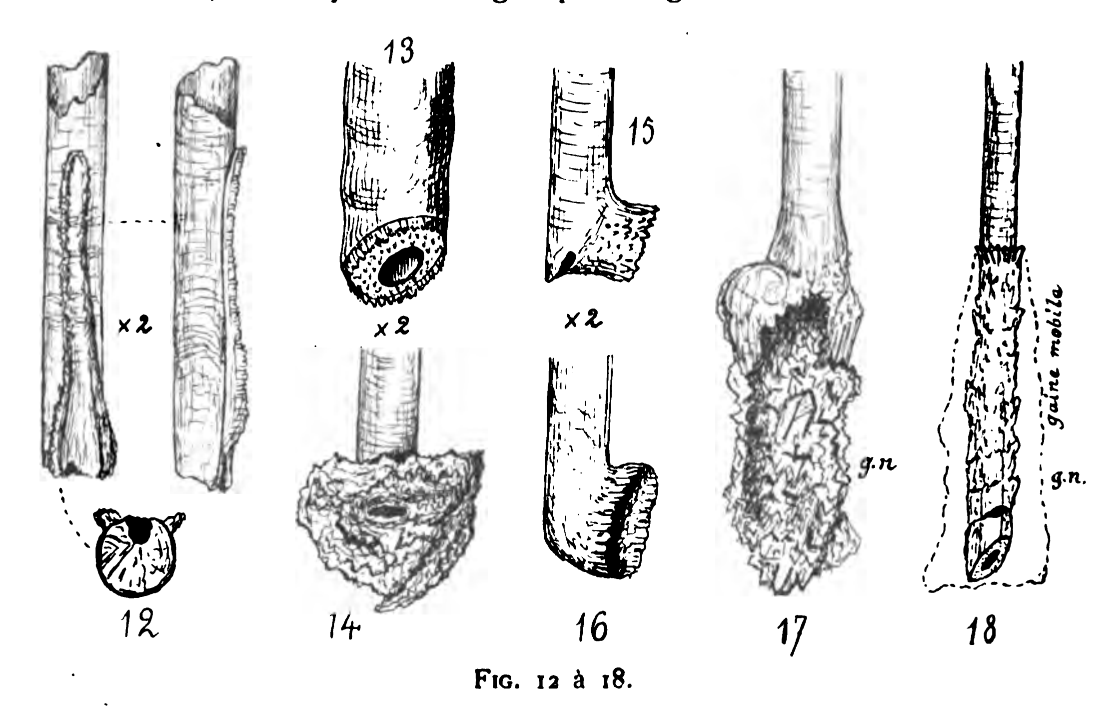


FIG. 12 à 18.

Le point de départ de ces évasements est visible sur la figure 13, où la cassure, peu ancienne, commence seulement à se couvrir d'une multitude de pointements microscopiques. La cristallisation étant plus rapide tout autour du bord externe de la cassure, celui-ci se garnit de petites épines dont la croissance l'emporte sur celle des pointements situés plus au centre.

Certaines agglomérations prennent un développement considérable et constituent des géodes recroquevillées pleines de petits cristaux bien terminés, orientés au hasard (fig. 17).

Mentionnons encore le singulier mode d'occlusion dans lequel la stalactite se bouche imparfaitement par un de ces pompons de calcite cristalline d'où sort un nouveau tube. D'autres fois, la calcite grimpante part de cet amas pour remonter extérieurement le long du tube, sans se souder à lui, et constituer une gaine grossière, de quelques centimètres de hauteur, qu'on ne sait retirer bien qu'elle joue, attendu que les aspérités des deux parties s'y opposent. Lorsqu'on brise

cette enveloppe, on constate que le tube était cassé à son extrémité et que toute la partie engainée est comme corrodée, hérissée de pointements cristallins dirigés vers le haut; sa section est vaguement hexagonale (fig. 18; ouvertures en noir).

La même interprétation est applicable à tous ces cas. Il est clair qu'un trouble considérable est produit dans le lent développement du cristal tubulaire, au moment de sa rupture, par la brusque apparition d'une face de clivage *p*. La nature réalise ici l'expérience connue, dans laquelle on replace un cristal dans sa solution après l'avoir mutilé, ou muni artificiellement de faces autres que celles que la composition et l'état de son eau mère lui assignaient. Le guérissage s'accompagne alors de désordres marqués dans la cristallisation (rugosités, pointements multiples, etc.) qui, pour les stalactites, seront poussés à l'extrême, celles-ci ne plongeant pas même dans un bain.

§ **6**. Les ergots et autres ornements des stalactites. — Que la stalactite se ferme, que sa paroi mince arrive à céder, que l'excès de liquide chargé de carbonate de calcium vienne simplement perler par un joint, et un bourgeon latéral va naître à cette place. Sa croissance se fera capricieusement suivant que la capillarité, le suintement, l'orientation cristalline interviendront dans son développement. Quelle que soit sa forme, celle d'une simple saillie (coupe fig. 19), d'un renflement pédonculé (fig. 20), d'un fil, toujours on y trouve, au microscope, un capillaire, d'une ténuité extraordinaire, puisque son diamètre est parfois inférieur à 0mm008, par lequel le liquide nutricier alimente son extrémité.

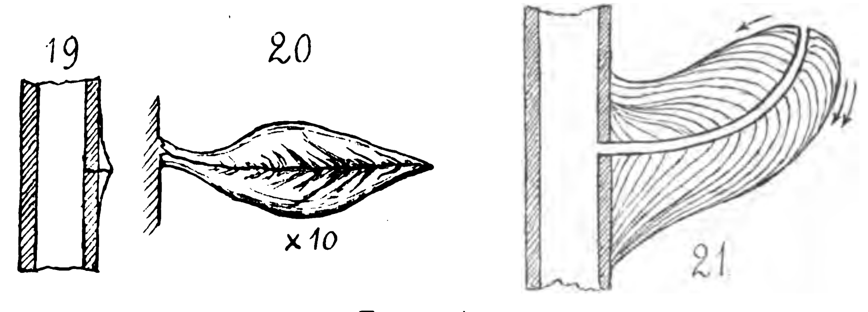


Fig. 19 à 21.

Des impuretés indéterminables viennent périodiquement se déposer sur le bourgeon et en accuser les enveloppes coniques ou ogivales disposées le sommet en avant (fig. 20). Ces couches laiteuses seront examinées dans un prochain paragraphe.

Lorsque le bourgeon est abondamment alimenté de solution calcique, il reçoit une large base et se développe en une sorte d'ergot ayant parfois la grosseur du doigt et sa longueur.

Ces ergots, greffés latéralement sur les tubes, s'accroissent en se dirigeant volontiers vers le haut, sous un angle de 45°; pourtant, il n'en manque pas qui pointent horizontalement ou vers le bas. La même stalactite en possède qui ont

toutes les directions possibles; cependant les coupes prises dans l'ensemble des pièces montrent, par la disposition des couches d'accroissement, que chez tous ces appendices il y a retour en arrière d'une partie du liquide après sa sortie du capillaire. Dès lors, le débit du liquide incrustant doit régler, au moins partiellement, l'incurvation de l'ergot. En effet, si le dépôt se fait plus abondamment vers le bas, l'ouverture du capillaire se trouvera reportée vers le haut, ainsi que l'indique le schéma ci-dessus (coupe fig. 21) sur lequel la double flèche marque la région où le dépôt s'effectue avec le plus de rapidité.

Le phénomène est, en réalité, plus compliqué, car la stalactite est enduite d'une mince couche de solution, que l'ergot retient avec d'autant plus de facilité qu'il est couvert de rugosités cristallines, constituant une surface finement grenée, et que le tout est placé dans une atmosphère saturée d'humidité.

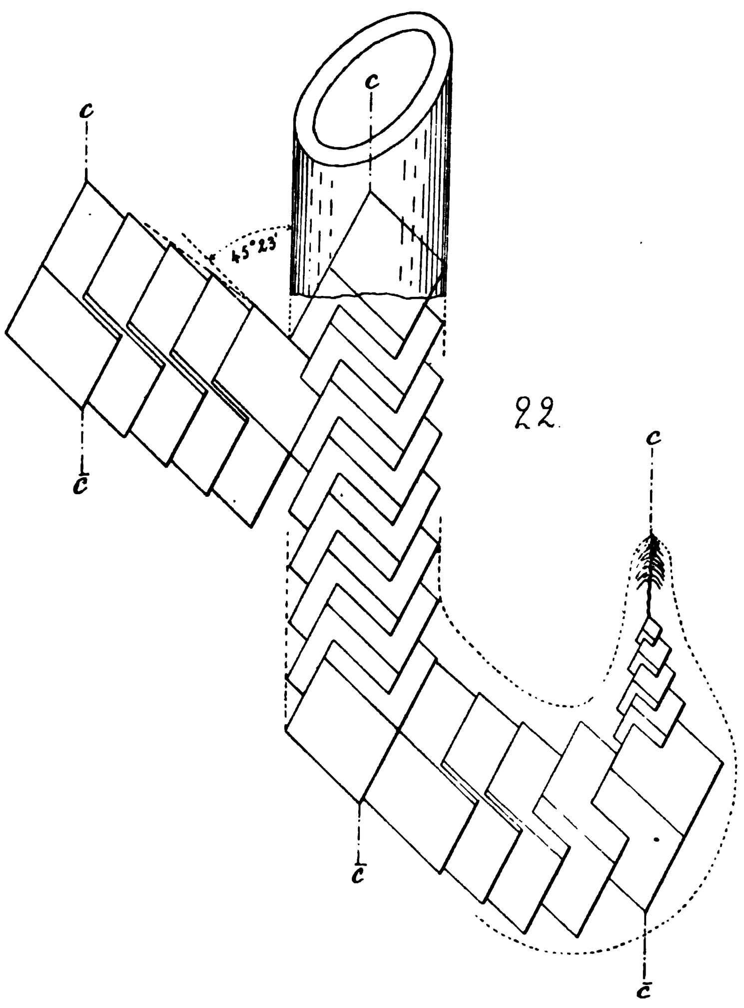


Fig. 22. — Projection orthogonale sur une face du prisme d^1.

Enfin, l'examen des coupes établira que les ergots ont la même orientation cristalline que le tube qui les supporte; par conséquent, les molécules apportées à

leur extrémité doivent se grouper dans un certain ordre et tendre à édifier un cristal parallèle à celui qui constitue la stalactite. En d'autres termes, si l'ensemble était immergé dans un bain permettant le dépôt rapide de la calcite sur toute la pièce, celle-ci se compléterait en un cristal unique, englobant le tube et ses ornements.

Laissant de côté les facettes accessoires et ne considérant que le rhomboèdre e^1, on aurait donc des empilements tels que ceux du schéma de la figure 22, où l'empilement vertical constitue le tube. A gauche, un ergot est figuré par un empilement oblique qui ferait un angle de 45°23′ avec le premier, si tous les rhomboèdres avaient suivi l'alignement donné par celui qui est à sa base. Mais, comme en conservant leur orientation, ils se sont déplacés vers le bas, l'angle de l'ergot sera plus ouvert que la valeur ci-dessus; il pourra atteindre et dépasser 90°, comme le fait comprendre la partie inférieure du schéma.

La cristallisation s'effectuant ici par simple humectation et non en plein liquide, les ergots ont, comme les tubes, des surfaces courbes, presque lisses, tout au plus moirées par des milliers de pointements microscopiques, parallèlement

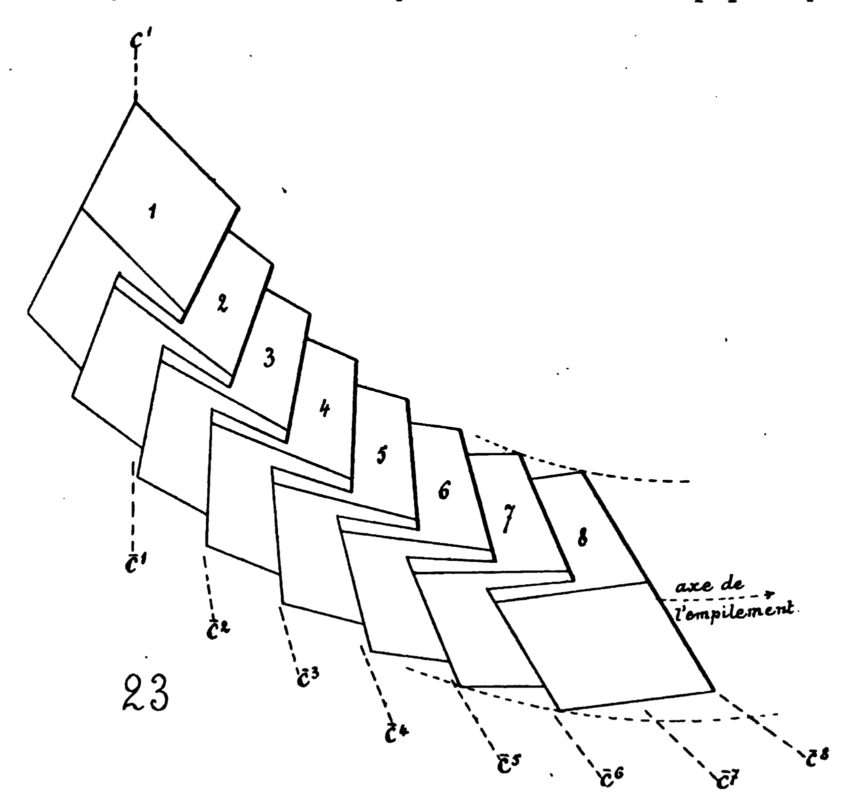


FIG. 23. — Empilement courbe de rhomboèdres e^1, en projection orthogonale sur une face du prisme d^1.

orientés. Toutefois, l'excédent du liquide, en s'amassant à la partie inférieure des appendices, est susceptible d'y alimenter des cristaux nets.

Il y a lutte entre le suintement et la cristallisation. La disposition réalisant les

meilleures conditions d'équilibre est celle où l'ergot se trouve incurvé vers le haut, ou vers le bas, jusqu'à la verticale. Les rhomboèdres élémentaires suivent ces mouvements par des déplacements parallèles analogues à ceux qui viennent d'être

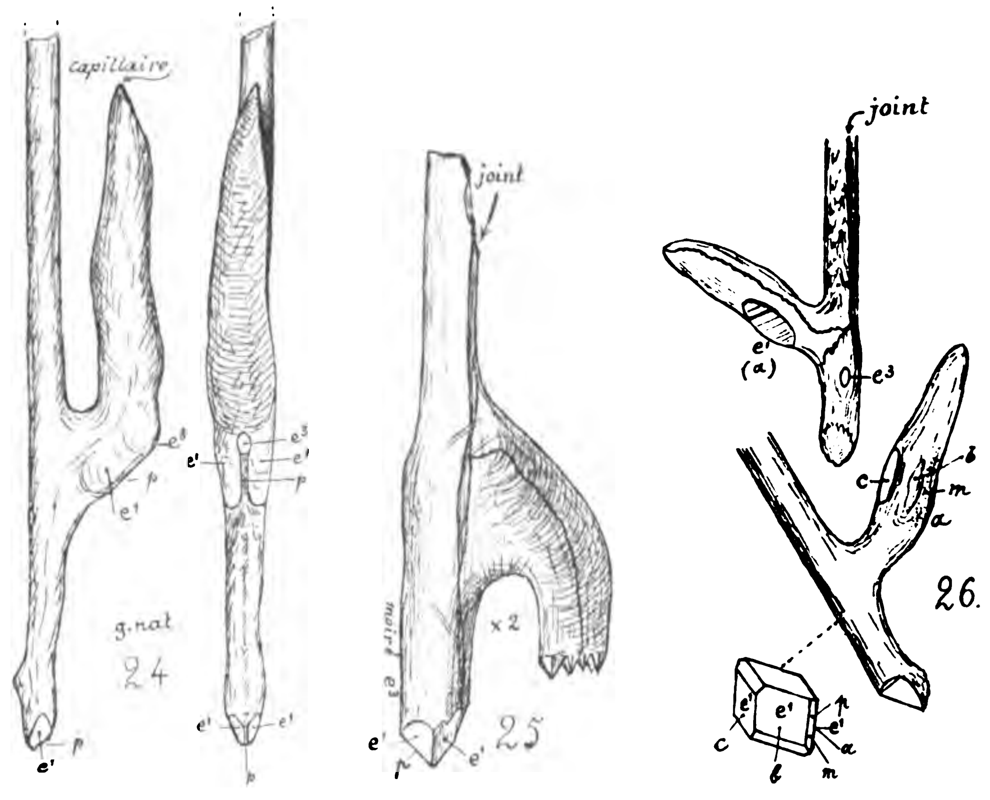


Fig. 24 a 26.

schématisés. L'incurvation vers le bas permet le développement de pointements terminaux (fig. 25); le redressement supprime, au contraire, toute apparence extérieure de cristal (fig. 22 et fig. 24).

§ **7**. — Par ce mécanisme, tous les contournements sont possibles, sans qu'il y ait changement d'orientation cristalline; cela se constate sur tous les échantillons. Cependant, l'examen optique de certains d'entre eux, à courbure régulière, établit que l'empilement s'est fait suivant une courbe et même suivant une partie de spire. Le schéma figure 23 rend compte de cette disposition. Ces pièces ont un clivage à courbure marquée.

§ **8**. — Ces explications seront confirmées par l'examen de quelques échantillons que je choisis parmi les plus petits et les plus simples. Ils sont représentés par les dessins ci-dessus, qu'il suffira d'accompagner de peu de mots.

La pièce reproduite figure 24, en grandeur naturelle, qui se trouvait au bout d'un tube assez long, porte à son extrémité les faces e^1 et p. L'ergot, très épaissi,

puisqu'il reçoit d'abord le liquide incrustant amené par le tube, s'insère sur celui-ci vers le haut, sous un angle de 45° environ, puis devient brusquement vertical. L'empilement de e^1 se marque, par des courbes successives, à la racine de l'ergot; p est représenté par un moiré scintillant; e^3 apparaît au coude sous forme d'un petit ovale très brillant. La mesure donne :

moiré $p : e^3 = 30°55'$ calc. $31°10'$

La partie remontante, cylindro-conique, est couverte d'un moiré cristallin.

Les stalactites de ce genre, plus courtes, remontent ainsi jusqu'au plafond de la grotte, où leur ergot se soude près du point d'attache du tube.

Le spécimen figure 25, représenté au double, montre, au contraire, le déploiement vers le bas d'un ergot fixé à une baguette. Le pointement terminal de cette dernière comprend e^1, avec une troncature p, faisant suite à un moiré e^3 visible sur une génératrice du cylindre. Cette zone et l'angle culminant de e^1, donnent :

moiré $e^3 : p =$	$31°12'$	calc. $31°10'$
$p : e^1 =$	$108°18'$ (sur a^1)	$107°44'$
$e^1 : e^1 =$	$101°34'$	$101°\ 9'$

L'extrémité de l'ergot ne possède que e^1, en pointements multiples, orientés parallèlement à la terminaison de la baguette.

L'échantillon figure 26, dessiné au double, est intéressant par la façon irrégulière dont l'éperon est fixé à la petite baguette. Celle-ci se termine par un pointement e^1, p, qui ne permet de mesurer qu'avec peine :

$e^1 : e^1 =$	$101°40'$	calc. $101°\ 9'$
$e^1 : p =$	$50°50'$ env.	$50°35'$

Pourtant on voit un bel ovale e^3 sur la baguette. Les faces et indications de faces, que l'ergot présente jusque sur la partie habituellement arrondie, fournissent au contraire de bonnes mesures; elles ont le résultat ci-après (moyennes). La face p est représentée par un moiré brillant (m); un petit rhomboèdre indique l'orientation générale.

$a : b = e^1 : e^1 =$	$101°16'$	calc. $101°\ 9'$
$a : m = e^1 : p =$	$50°38'$	$50°35'$
$b : c = e^1 : e^1 =$	$78°34'$ (sur d^1)	$78°51'$

Baguette et éperon ont la même orientation.

§ **9.** — Ces exemples suffisent à établir, de façon générale, le mode de croissance de nos stalactites. Il est cependant utile de compléter les renseignements qu'ils fournissent, par un coup d'œil jeté sur quelques coupes prises dans des pièces analogues à celles qui viennent d'être décrites. Ces préparations sont surtout intéressantes lorsqu'on les taille dans des échantillons ayant des couches laiteuses

d'accroissement bien marquées et après infiltration d'encre de Chine dans le tube et le capillaire.

On obtient ainsi des sections telles que celles qui se suivent de figure 27 à figure 30, où elles sont dessinées en grandeur naturelle. L'orientation commune du tube et de l'éperon est rendue évidente par l'extinction simultanée de toute la coupe vue en lumière polarisée.

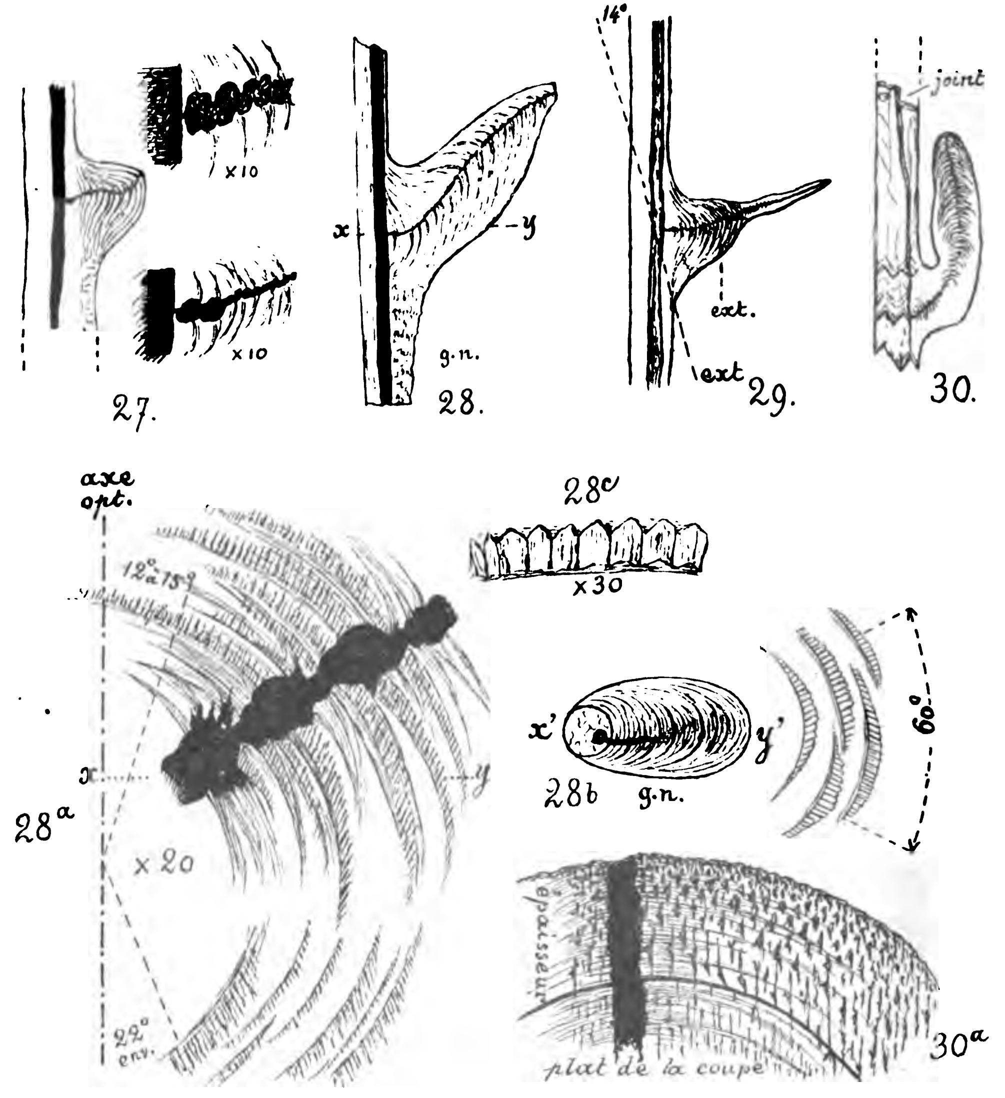


Fig. 27 à 30.

On remarquera l'obliquité de l'extinction sur l'axe du tube dans la figure 29, qui est à comparer au schéma figure 3; à la base de la proéminence est intercalé un secteur d'orientation habituelle.

Des croquis accessoires indiquent, par des agrandissements, la façon dont le capillaire se soude au canal du tube et les renflements qu'il possède (près de figure 27).

Les couches laiteuses ont, en lumière transmise, une teinte brunâtre. En lumière polarisée, le pléochroïsme (pseudopléochroïsme) est intense avec, en général, une absorption plus marquée, lorsque l'axe optique est perpendiculaire au plan vibratoire du nicol. Ces particularités rappellent celles d'un milieu trouble, tel que l'opale par exemple; c'est aussi la comparaison faite par Schrœder van der Kolk, qui a observé le même phénomène sur une calcite de Célèbes. Il est probablement causé par d'infinitésimales inclusions gazeuses ou liquides; on le retrouve encore dans le calcaire fibreux des fossiles et des valves des mollusques.

Les agrandissements plus considérables, tels que celui de la figure 28*a* font ressortir les renflements successifs du capillaire rempli d'encre de Chine, les courtes ramifications, bientôt fermées, qui en partent, ainsi que les couches laiteuses auxquelles il a donné naissance.

Beaucoup de ces couches ont une structure fibreuse qu'un fort grossissement montre constituée d'infimes canalicules, qui se sont maintenus entre les cristaux élémentaires composant la masse; certains contiennent un gaz; d'autres un liquide avec bulle. Sur le croquis figure 28*a*, j'ai indiqué par des chiffres la façon dont la fibrosité change de direction à faible distance, ce qui ne permet guère d'interpréter les mesures.

Dans les coupes verticales épaisses, prises un peu hors du plan de symétrie de la pièce, comme l'est figure 30 par exemple, un segment de l'extrémité hémisphérique de l'ergot est vu en perspective (fig. 30*a*). On y voit la surface couverte de rugosités cristallines, dont les joints, parallèles, affectent des formes de plus en plus allongées, au fur et à mesure que les axes de ces petits cristaux élémentaires deviennent tangents à l'hémisphère terminal. Le plan de coupe montre la section de ces joints sous les apparences de petits tirets parallèles.

Les zones à coloration d'intensité variable, toujours fortement marquées près du capillaire (fig. 28*a*), ont vraisemblablement la même structure en plus fin encore; la rapidité variable avec laquelle la solution, préservée jusque-là du contact de l'air, cristallise et laisse échapper l'acide carbonique qu'elle contient, explique peut-être l'origine de ces couches.

Les pointements des individus élémentaires ne sont pas reconnaissables sur les coupes verticales que nous étudions en ce moment (fig. 28*a* et 30*a*); leurs contours doivent mieux se marquer en coupe horizontale, puisque les inclusions linéaires les soulignent. Voyons donc une section ainsi réalisée, telle que $x\,y$ figure 28 et figure 28*a*. Elle a un contour ovale (fig. 28*b*), englobant la section circulaire d'une baguette, à lumière très étroite, de laquelle part le capillaire; comme il se relève vers le haut, il disparaît bientôt de la coupe. La fibrosité des couches d'accroissement est marquée. A l'avant (en y'), deux directions voisinent et font un angle de 60° environ, qui s'ouvre vers les côtés, jusqu'au delà de 90°. Les individus élémentaires de certaines couches sont nettement visibles; leurs plans séparatifs (faces?) restent parallèles entre eux, malgré la courbure de la strate à laquelle ils appartiennent (fig. 28*c*).

Il est encore question de cette structure aux §§ 17 et 49.

§ **10**. — Les diverses formes cristallines, dont les faces constituent ces singuliers cristaux, s'adaptent différemment aux conditions anormales auxquelles elles sont obligées de se plier.

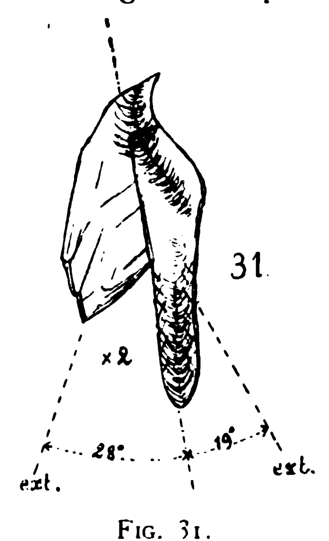


Fig. 31.

Quoique le rhomboèdre e^1 prenne facilement naissance et se rencontre encore à l'état de nodosité reconnaissable sur des échantillons où sa croissance ne saurait être que fort précaire, il ne fournit que rarement de bons cristaux lorsqu'il est placé dans de meilleures conditions. Ses faces sont ternes, courbes, marquées de stries d'accroissement. J'en ai mesuré un grand nombre et choisi les meilleurs sur place, sans en trouver plus de trois ou quatre qui fussent assez nets pour fournir des valeurs voisines de celles que le calcul assigne à cette forme.

Le primitif *p*, qui apparaît assez souvent, donne de très bonnes mesures, même lorsque ses faces ne sont qu'indiquées par une rugosité cristalline, constituée par une foule de plans microscopiques, à orientation parallèle.

Il en est de même de e^3. Mais cette forme est surtout remarquable par l'éclat extraordinaire de ses faces et la persistance avec laquelle celles-ci apparaissent sur les parties des stalactites les moins favorables à la croissance de cristaux. La partie supérieure des ergots, les nodosités des stalactites, l'extrémité des fils, tous points où l'apport de liquide se fait mal, sont couverts de sortes de courbes de niveau, qui circonscrivent de petits plans ovales, d'un poli parfait, représentant les faces de e^3. Le long de certaines baguettes, une bande onduleuse, plus brillante, indique sa présence (§ 13). Bien des dessins renseignent ces particularités (par exemple fig. 24, 26, 37, 39, 60, 110).

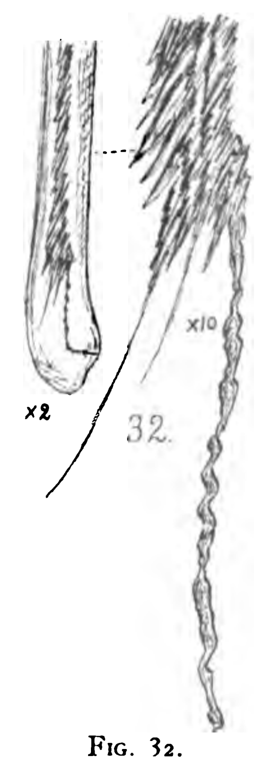


Fig. 32.

§ **11**. — Si le suintement ne sait contrecarrer l'orientation cristalline, il conserve cependant une certaine indépendance. Le petit échantillon détaché d'une paroi rocheuse et représenté figure 31 en fournit la preuve. C'est un bourgeon assez volumineux, associé à un rhomboèdre e^1, que j'ai sectionné suivant le plan de symétrie de l'ensemble. Les deux parties constituantes sont différemment orientées, ainsi qu'on le constate par les directions des extinctions, le joint qui les unit forme un angle vif, presque droit. Pourtant les couches laiteuses d'accroissement, guidées par un capillaire très fin, se continuent, sans déviation, d'un cristal dans l'autre.

La même superposition des deux structures se retrouve chez les stalactites épaissies et les cloisons des bassins de cristallisation (§§ 17 et 49).

§ **12** — Les baguettes courtes, dont le canal est de section très réduite, sont sujettes à s'obstruer à leur extrémité, la cristallisation y étant particulièrement active. Elles acquièrent aussi un ergot terminal, qui s'amorce d'une façon particulière, mise en évidence par les coupes longitudinales. On y voit le canal, le joint plutôt, s'effilocher, en quelque sorte, en un faisceau de canalicules plus fins, dont un seul se maintient ouvert (fig. 32). Sa disposition en zigzag, avec renflements, établit que son parcours est influencé par la cristallisation, qui tend à supprimer complètement ce vide intérieur. Il s'allonge de plus en plus, jusqu'au moment où, déviant latéralement, il donne naissance à un bourgeon dont les stades de progression sont représentés fig. 33 et 34.

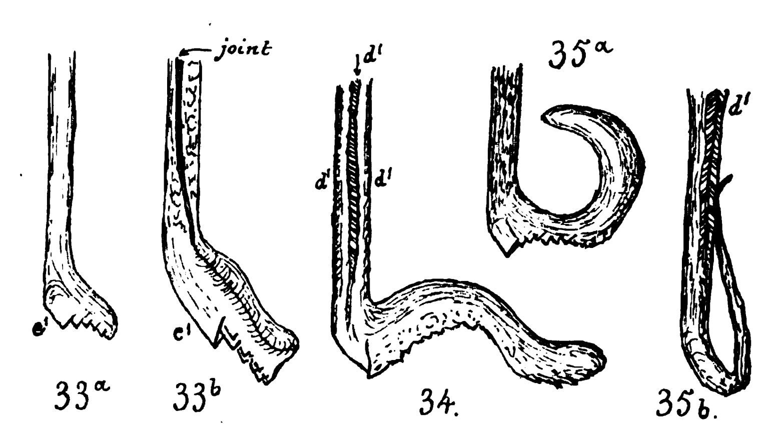


FIG. 33 à 35.

L'ergot, définitivement constitué, s'allonge capricieusement, tandis que des rhomboèdres e^1 se succèdent à sa partie inférieure. D'autres fois, il se courbe en demi-cercle et, s'il est resté grêle, il lui arrive de se souder à nouveau à la baguette dont il est issu (fig. 35*a* et 35*b*).

Le développement d'un ergot n'entrave pas toujours l'allongement de la baguette. Le joint plat, couvert de cannelures cristallines, se déplace sans cesse, de façon à décrire un trajet en hélice irrégulière, allongée, dans le cristal cylindrique. Le capillaire naît à un moment donné dans ce joint, et comme le bourgeon qu'il alimente est, au début, si minime qu'il ne saurait y avoir obstruction complète de la fissure, celle-ci se maintient : une partie du liquide nutricier passe dans le bourgeon, tandis que le reste continue à alimenter les pointements terminaux (fig. 36). La baguette se prolonge donc vers le bas, malgré cette dérivation latérale.

L'échantillon fig. 37 nous montre les deux parties se développant indépendamment l'une de l'autre et le bourgeon prenant déjà la direction remontante. Il possède une facette $e^3{}_a$ parallèle à l'une de celles de la terminaison de la baguette. Celle-ci présente e^1, e^3, p, disposés conformément aux croquis. Le joint canaliculaire aboutit au fond d'une trémie de la face e^1, près de lamelles empilées : tous détails confirmatifs d'un accroissement lent et difficile (fig. 37*a*).

La figure 38 ne donne que la silhouette d'une stalactite plus évoluée, pour faire ressortir la disposition du joint et du capillaire.

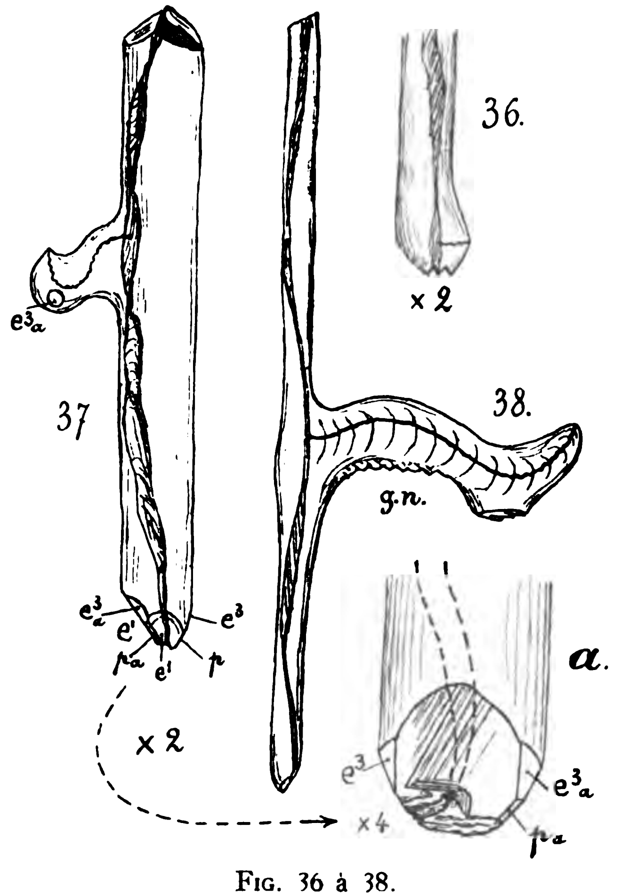


Fig. 36 à 38.

Les ergots peuvent donc naître dans le cours de la croissance de la stalactite, sans lui causer d'autre préjudice immédiat que de la priver d'une partie de la matière cristallisable.

§ **13**. Épaississement des formes précédentes, avec maintien de l'orientation cristalline primitive. — Lorsque les tubes courts et les baguettes se ferment complètement, ils peuvent être soumis au ruissellement externe, ce qui les transforme en tiges coniques, à section ovale, couvertes de bourrelets, dont chacun porte un plan e^3 très pur. L'extrémité possède un pointement net indiquant parfois, de façon précise, l'inclinaison de l'axe cristallographique sur l'axe de la pièce.

L'empilement du croquis fig. 39 est orienté de telle manière que quatre des faces de e^3 et deux opposées de e^1 soient sensiblement verticales, ce qui incline l'axe optique de 27° environ (26°53′) et une arête culminante de e^1 de 108° environ (107°44′) sur l'axe de l'échantillon. Les faces e^3, qui jouent un rôle très actif dans ces cristallisations, tendent alors à se joindre d'une nodosité à l'autre, en constituant de longues troncatures, qui atteignent plusieurs centimètres. En même temps, l'ovale de section s'allonge suivant le grand axe passant précisément entre les bourrelets e^3, de sorte que la stalactite s'aplatit. Dans un échantillon ayant la section fig. 39*a*, le rapport des axes est 1 : 1,6 (agrandissement des deux figures : 4 fois).

Une stalactite de ce genre mérite une mention spéciale, parce qu'elle laisse apparaître, par transparence, dans sa moitié supérieure, la silhouette d'un bout de tube de 5 centimètres, actuellement tout à fait rempli, et, dans sa partie inférieure pleine, des zones d'accroissement opalines, bleues, visibles sous certaines incidences, qui montrent, par leur parallélisme, les terminaisons successives e^1.

§ **14**. — Toutes les pièces munies d'appendices, décrites dans les paragraphes précédents, sont grêles, la presque totalité de la solution qui débouche à l'extrémité

du capillaire étant employée à favoriser leur allongement. Lorsque le débit est plus abondant, ce qui arrive surtout pour les pièces dont le tube principal est bouché à son extrémité, l'ergot s'épaissit par mouillage extérieur, jusqu'au moment où l'attache, trop faible pour supporter ce poids grandissant et mal équilibré, vient à se rompre.

L'accident est surtout à prévoir pour des échantillons tels que celui de la figure 40. On y reconnaît l'ergot fortement développé (poids 20 gr.) et poussant de telle manière qu'il tend à courber, donc à briser, la petite baguette à laquelle il est fixé. Les phases successives d'accroissement sont visibles sur cette pièce, qui présente aussi des facettes exceptionnelles, appartenant au scalénoèdre d^2. En effet, les mesures renseignent :

$e^3 : d^2 = 19°30'$ env. calc. $19°24'$

$e^1 : d^2 = 37°10'$ env. $37°41'$

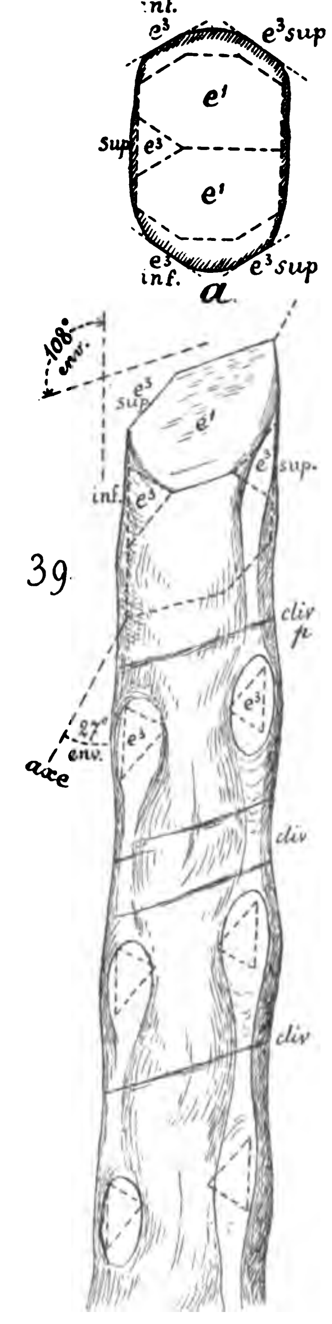


FIG. 39.

D'autres stalactites tubulaires, qui augmentent de volume sans porte-à-faux, sont susceptibles de s'accroître pendant longtemps. Dans celle que représente la figure 41, le capillaire très court, difficile à voir, débouche sur un tubercule qui se continue en un cône hyalin, massif, terminé par e^1, p, e^3.

Remarquable est la présence de e^1 sur le renflement, à une place où on ne l'observe que rarement.

Un autre spécimen (fig. 42), bien plus volumineux puisque le débris représenté pèse près de 150 grammes, constitue un double cristal identique à ceux dont tant de tubes sont composés. Sur la cassure de clivage, on retrouve les deux individus inclinés de quelques degrés (mesuré 4° à 5°) l'un sur l'autre. Un moiré cristallin p scintille sur toute la pièce. Les bourrelets dont elle est couverte sont déplacés le long du plan séparatif des deux cristaux ; des facettes e^3 coupent les sommets des nodosités.

Il ne s'agit donc pas d'une recristallisation, mais d'une cristallisation primitive, à laquelle se rattache aussi la formation des bourrelets déjà observés sur une pièce précédente (fig. 39). Ces derniers ne sauraient avoir pour origine un glissement, un tassement de couches glaireuses de carbonate de calcium, ainsi que l'admettait Senft (§ 1).

L'alimentation de cette masse se faisait par des joints et un capillaire contourné, visibles près de l'attache de l'échantillon à un tube épais.

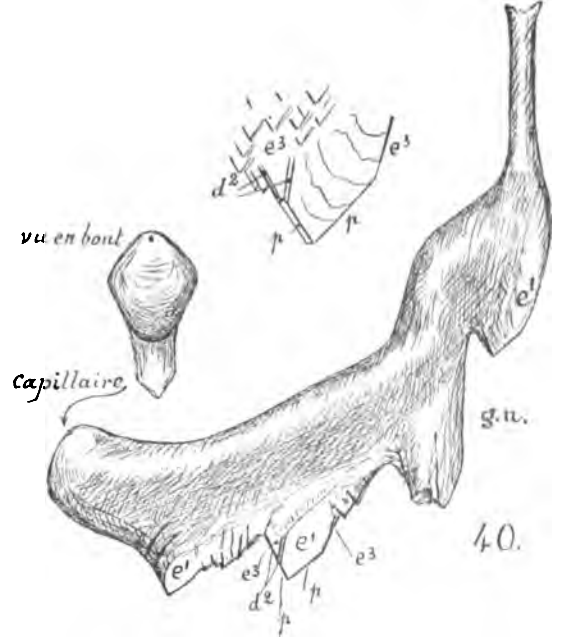


Fig. 40.

Je dois cette pièce instructive à M. le Dr J. Bommer.

Les capillaires de plusieurs ergots concourent, d'ordinaire, à la formation d'un semblable amas terminal. Il est certain que c'est à eux seuls que revient la fonction de débiter la liqueur calcique circulant dans le tube et destinée à les empâter à leur base, car les surépaisseurs n'apparaissent que dans leur voisinage. Les tubes et les baguettes auxquels ils sont fixés gardent leur diamètre initial au-dessus des épaississements (fig. 43*a b c*; dans l'échantillon *c*, le tube est oblique).

§ **15**. — Tant que les capillaires restent libres, la masse augmente de volume; finalement, elle acquiert un poids de plusieurs centaines de grammes, d'où rupture possible de l'attache à laquelle elle était suspendue. Les débris, qui gisent dans les recoins non visités des grottes, témoignent de ces accidents. On y voit encore pendre des terminaisons coniques dont la grosseur est hors de proportion avec la fragilité du support; aussi suffit-il du moindre attouchement pour provoquer leur chute.

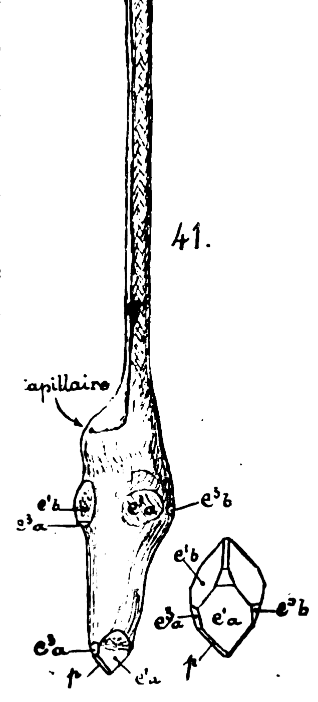


Fig. 41.

Pourtant, il ne faudrait pas s'exagérer la fragilité de ces tubes de calcite. Autant ils sont sensibles à la flexion, au choc surtout, autant ils se montrent rebelles à la cassure par traction. Les essais que j'ai entrepris dans le but de me rendre compte de leur résistance ont eu des résultats assez inattendus. Je les résume ci-après, en mentionnant les charges de rupture en chiffres ronds.

1° Un fragment de baguette laiteuse, saine. à lumière tout à fait excentrique et irrégulière, ayant les dimensions suivantes :

Longueur	$65^{mm}0$
Diamètre externe	$4^{mm}6$
Diamètre de la lumière	$1^{mm}5$ environ.

fut entouré, aux extrémités, de larges bagues de papier, collées de façon à ne laisser libre qu'une partie de 21 millimètres au milieu. Deux attelles en liège, bien serrées, complétaient le dispositif et permettaient de suspendre l'éprouvette, garnie à son autre extrémité d'un plateau où l'on coulait de la grenaille de plomb. La rupture n'eut lieu que sous une charge de 2918 grammes; elle se produisit dans l'intérieur de l'attelle supérieure, à un endroit où la lumière était un peu élargie.

2° Le deuxième essai a été fait avec le même dispositif, sur un tube cristallin, à lumière peu excentrique, tressaillé de plans de clivage naturels, dont plusieurs étaient l'origine de petites épines avec capillaire. Dimensions :

Longueur	$170^{mm}0$
Diamètre externe	$5^{mm}7$
Diamètre de la lumière	$3^{mm}5$ environ.

Malgré ses nombreuses fêlures, ce tube résistait encore sous la charge considérable de 5 kilogrammes. La rupture eut lieu, sous la charge de 5156 grammes, à quatre places à la fois et un certain temps après que le poids ci-dessus eut été atteint.

3° Un débris de baguette a été essayé à la flexion, en l'encastrant dans les mêmes armatures de liège, de façon à laisser une partie libre de 10 millimètres. La grenaille tombait dans un plateau, suspendu à un bras de 50 millimètres de long fixé horizontalement à l'attache inférieure, la pièce étant maintenue verticale par l'armature supérieure. La baguette était saine, mais à lumière tout à fait excentrique. Dimensions :

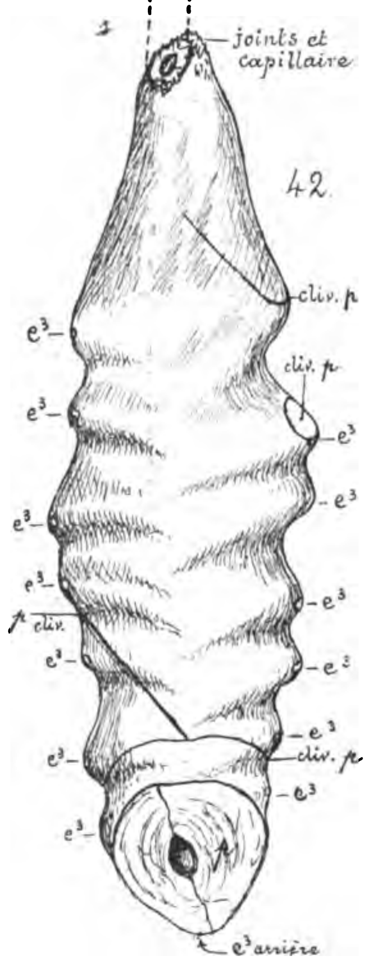


Fig. 42.

Diamètre externe	$4^{mm}9$
Diamètre de la lumière	$2^{mm}3$ environ.

La cassure se fit dans le milieu, sous un poids de 225 grammes.

4° Le quatrième essai fut disposé de même, en utilisant, cette fois, un tube mince, sans tressaillures visibles, avec anneaux d'accroissement laiteux et lumière peu excentrique. Dimensions :

Diamètre externe	$5^{mm}2$
Diamètre de la lumière	$3^{mm}9$

Sous la charge de 287 grammes la pièce résistait encore, mais un tramway venant à passer, des vibrations se transmirent au support et la rupture eut lieu près de l'attache inférieure.

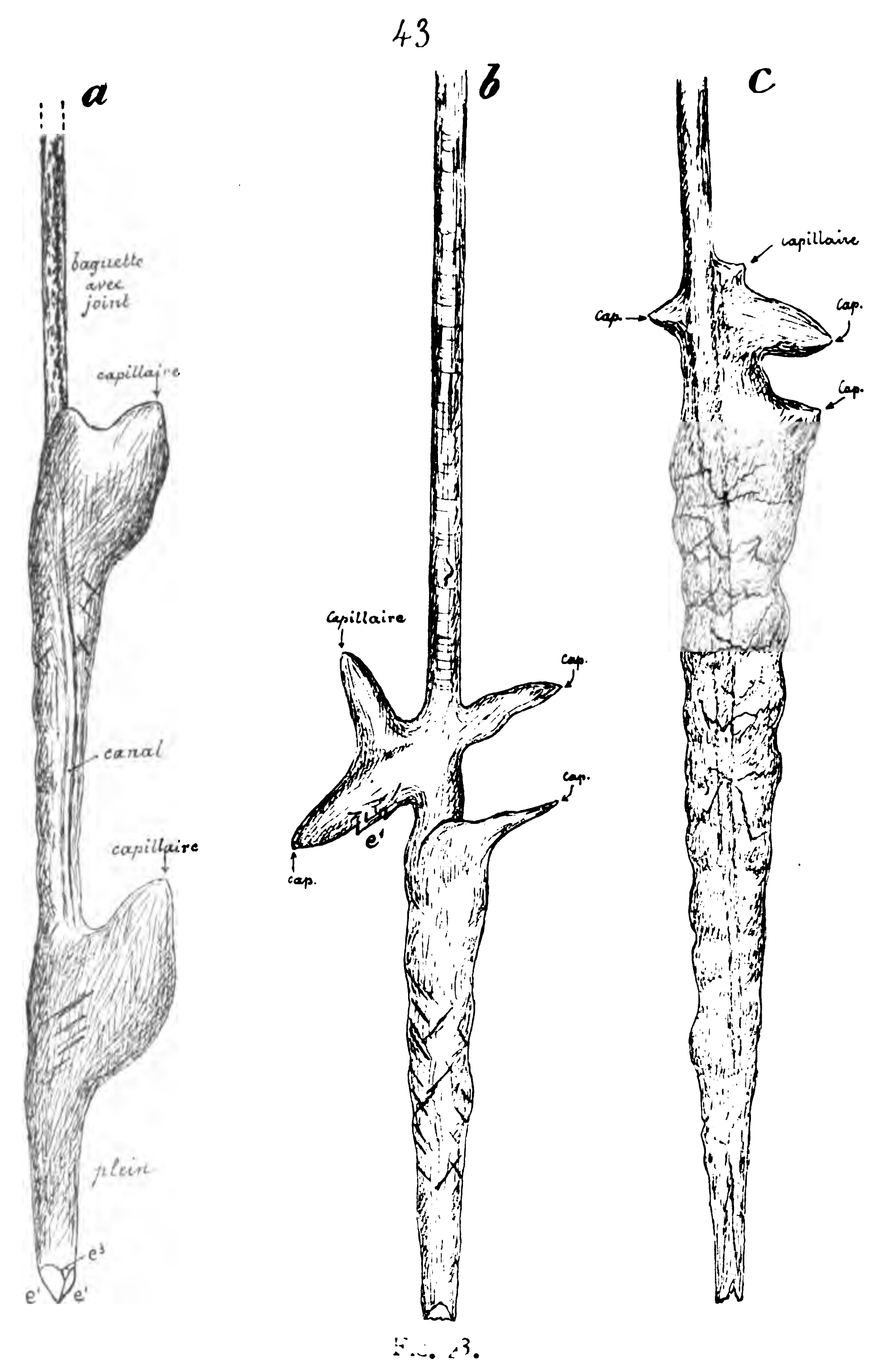


Fig. 43.

5° Une baguette transparente, mince, à canal étroit tout à fait excentrique, fut encastrée horizontalement entre des joues de liège; le plateau destiné à recevoir les plombs était attaché à une anse en gros fil ciré, embrassant la pièce à 50 millimètres de l'encastrement. Dimensions :

Diamètre externe.	4mm2
Diamètre de la lumière. . . .	1mm6

La rupture se produisit sous la charge de 233 grammes.

Ces mesures, pour approximatives qu'elles soient, n'en établissent pas moins la grande résistance des tubes; cependant, les accidents auxquels il a été fait allusion sont assez fréquents, parce que, une fois tendues par un poids supplémentaire, les stalactites se rompent plus facilement sous l'influence d'un choc, d'une vibration (expérience 4), tels qu'il peut s'en produire dans les grottes par des éboulements, la chute de l'enduit de calcite séparé de la voûte par une couche pourrie, la brusque invasion de l'eau, etc. En outre, toutes ces cristallisations sont fort sensibles à la chaleur et à la sécheresse. Une fois sorties de leur gisement, elles se couvrent de fêlures de clivage; celles que l'on tient trop longtemps en main reçoivent de multiples gerçures.

Un exemple de rupture spontanée est donné par un échantillon épaissi, conique-allongé, analogue à fig. 43*c*, de section ovale (axes 1 : 1,55 sur les nœuds e^3), en spath transparent. Au plan de rupture, qui est le clivage *p* le plus près de l'horizontalité (fig. 39), la section est arrondie et le canal centré; les dimensions à cette place sont :

Diamètre externe.	7mm2 × 6mm4
Diamètre de la lumière. . . .	3mm0

L'échantillon était donc susceptible de résister à une forte traction; ce n'est pas un effort de ce genre qui l'a brisé, car le tube supérieur, qui n'a que 5mm4 de diamètre, n'a pas cédé.

La face de cassure est représentée fig. 13 et décrite au paragraphe correspondant.

Quant à la moindre résistance des baguettes, qu'indiquent les essais, elle s'explique, sans doute, par le fait qu'elles sont d'habitude composées de plusieurs pièces incomplètement soudées; dans celles qui sont simples, la disposition irrégulière du canal et leur faible diamètre interviennent également.

Les essais de flexion, répétés avec des tubes longs fourniraient vraisemblablement des valeurs différentes de celles que j'ai obtenues.

§ **16**. Remplissage interne des tubes et des baguettes. — Il ne se fait que partiellement, dans la majorité des cas. Les tubes constitués par du spath limpide,

se couvrent intérieurement de couches successives, dont la concentricité s'accuse par quelques traces laiteuses; leur lumière prend une section triangulaire ou losange, mais se ferme rarement tout à fait, contrairement à ce qu'admettent certains auteurs. L'orientation cristalline reste conservée.

Lorsqu'il n'y a pas d'ergots, la circulation s'arrête dans les tubes fermés à l'extrémité inférieure et le remplissage ne peut se faire. Quand l'obstruction a lieu à l'attache, le résultat est le même, sauf que le tube perd son liquide. Il arrive aussi que des bouchons de calcite se forment à des niveaux différents et créent une inclusion liquide contenant une bulle gazeuse. Si l'on désire conserver un semblable échantillon, il est nécessaire de le vernir, afin d'empêcher l'évaporation par les fêlures des parois.

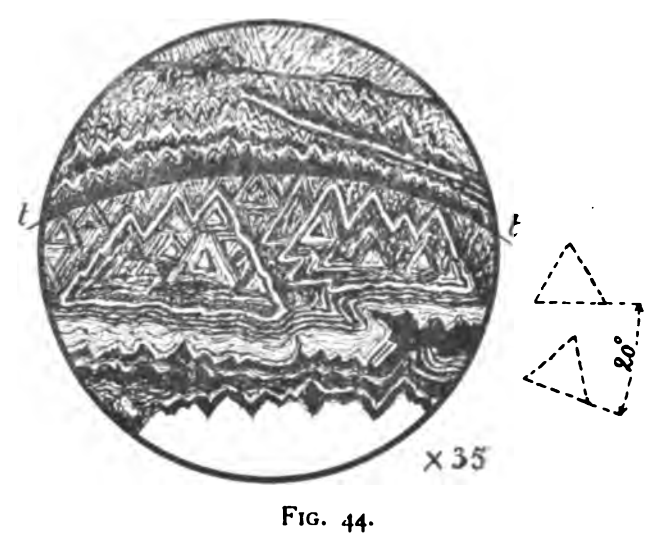


Fig. 44.

Les tubes plus laiteux, opaques, jaunâtres, se garnissent intérieurement de lamelles, de côtes longitudinales, à section triangulaire, car elles sont constituées d'éléments rhomboédriques orientés, parallèles à ceux qui composent le tube lui-même. Ce remplissage est excentrique d'ordinaire (coupe fig. 4*a*). De plus, il ne saurait être à orientation rigoureusement constante, d'après ce que nous savons de l'agencement des tubes, qui sont, pour le moins, des cristaux doubles.

Cette association se manifeste clairement sur la coupe fig. 44. Elle représente la section d'un semblable tube, vue sous le microscope. La surface interne primitive *t t* marque la limite du remplissage. Celui-ci, presque opaque dans certaines zones, fait admirablement ressortir la structure concentrique des bâtonnets triangulaires et des couches dentelées successives qui les englobent. Le vide central est au bas du dessin.

Dans une autre partie de la section, non représentée, les triangles sont tournés de 20° environ (fig. 44, à droite); les axes optiques, des deux groupes, sont inclinés l'un sur l'autre de 8° à 9°, ce qui confirme la double orientation.

Au-dessus de *t t* sont les couches externes, également dentelées, irrégulièrement

concentriques; elles ont encore l'axe optique à peu près normal à la section. Ce n'est que dans le haut du dessin qu'apparaît une orientation totalement différente, dont nous avons à rechercher l'origine.

§ **17**. Epaississement externe des tubes et des baguettes, avec changement d'orientation cristalline. — Lorsqu'un tube se bouche et qu'il ne possède pas d'appendices latéraux permettant à la circulation interne de continuer, son évolution est terminée. Cependant, le liquide incrustant, qui circule sur la surface libre de la voûte, peut être amené à son point d'attache, ruisseler sur sa surface extérieure et l'épaissir dans toute sa longueur, par des enrobages concentriques.

Ces couches sont habituellement jaunâtres, opaques même, de façon qu'elles se dessinent d'autant mieux dans les coupes nécessaires à leur examen. On vient de voir, par les explications accompagnant la figure 44, qu'elles sont finement dentelées et qu'elles ont, de façon générale, l'orientation du support.

La surface du tube reste lisse ou finement dépolie durant les premières phases de cet accroissement, mais bientôt y apparaissent de petites plaques, les unes vaguement hexagonales, les autres triangulaires à angles coupés, bordées d'un cadre délimitant une partie centrale pointillée, de 1 millimètre ou davantage, que l'on trouve isolément aussi sur d'autres échantillons : les ergots très épaissis par exemple.

Ces petites plaques envahissent progressivement toute l'enveloppe du tube et lui donnent un aspect cristallin particulier, craquelé, qui rappelle, la couleur aidant, celui du sucre candi, selon la comparaison déjà faite par Leibnitz (*Protogaea*, pl. I).

La cassure d'une pièce ayant cette apparence permet de constater que chacune de ces petites plaques est la base d'une minuscule pyramide, souvent très surbaissée, dont les pans ne sont que des faces de joints. Les plus régulières, sectionnées suivant la base un peu bombée, rugueuse, donnent la figure d'interférence uniaxe négative; ce sont donc des cristaux de calcite plus ou moins *normalement* implantés dans les dernières enveloppes du tube et faisant saillie sur celui-ci.

La coupe mince, transversale, d'un semblable tube, montre les petites pyramides en place. La direction des extinctions indique que leur axe principal *c c* est parfois normal à l'axe du tube (fig. 45); il y en a de très obliques.

Des préparations de ce genre permettent encore de voir que, au fur et à mesure de l'épaississement externe de la stalactite, de nouvelles plaques sont apparues, et, comme elles allaient en s'élargissant vers l'extérieur, elles ont fini par se toucher, pavant de leurs bases la surface entière de la pièce.

Désormais, l'accroissement se fera suivant cette nouvelle disposition, et la stalactite prendra la structure fibro-rayonnée, commune à tous les cônes ayant une certaine taille.

La coupe fig. 45 établit aussi que les zones d'accroissement traversent sans dévier les parties différemment orientées qui composent le tube après l'apparition

des petites pyramides. Dans ces dernières, les couches paraissent plus accusées que dans les parties ayant conservé l'orientation primitive. Toutes les zones colorées présentent un pseudopléochroïsme intense.

Ce dessin, de même que le précédent et le suivant (fig. 44 et 46), met en évidence les irrégularités dans le dépôt des enveloppes successives : aucune d'elles ne fait un cercle complet en conservant la même épaisseur.

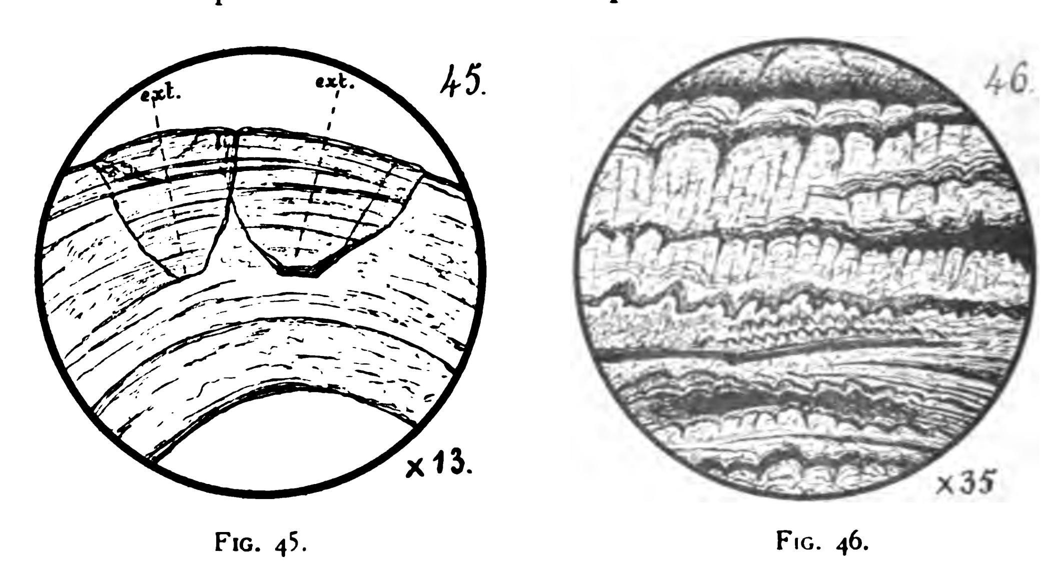


Fig. 45. Fig. 46.

Il n'est pas toujours facile de se rendre compte de l'orientation des diverses parties d'une section polie ou d'une coupe mince des stalactites ainsi transformées, sans employer la lumière polarisée.

C'est ainsi que la plage représentée fig. 46, qui est prise à plusieurs millimètres de la paroi interne d'un tube fortement épaissi et qui rappelle, par ses fortes indentations, plutôt des couches de cristaux rayonnants, a, en réalité, conservé l'orientation cristalline primitive du tube. La présence de la figure d'axe parfaitement centrée, sur toutes les parties de cette surface, en fait foi. Ce n'est que plus loin qu'apparaît, sans que les zones en soient troublées, l'orientation perpendiculaire due à la présence de cristaux divergents; en même temps le pléochroïsme devient manifeste. Nous connaissons déjà cette structure par l'étude des coupes des ergots (§ 9 et fig. 28*b* et *c*).

Telle est l'origine de la structure fibro-rayonnante des grosses stalactites de nos grottes; la recristallisation n'y est pour rien.

§ **18**. — La pièce dont la coupe est donnée fig. 45 demande une description plus complète; je l'ai surtout détachée pour en examiner la terminaison, car elle offre des particularités qu'il importe de mettre en évidence.

L'enveloppe de petites pyramides cristallines dont il a été question plus haut, couvre tout l'échantillon, qui a une longueur de près de 60 centimètres. Ce n'est

qu'à l'extrémité qu'elle fait place, sur 1 à 2 centimètres de longueur, à un bout lisse, d'un poli gras, terminé par le double pointement habituel e^1 (fig. 47).

Les deux longues arêtes des rhomboèdres (fig. *b*) ne sont pas parallèles, elles font le petit angle que l'on trouve sur la plupart de ces terminaisons doubles (ici 5° env.; voir fin § 23). En conséquence, les clivages pratiqués sur ces arêtes ont une légère inclinaison : moins d'un degré. Cependant, une lame de clivage, prélevée un peu plus haut, traverse le couple et paraît plane. Au microscope, on y observe un joint très fin et une extinction légèrement onduleuse, commune aux deux moitiés. Enfin, la cassure du tube, plus haut encore, ne donne également qu'un plan de clivage suivant cette direction; ce n'est pourtant pas un individu unique.

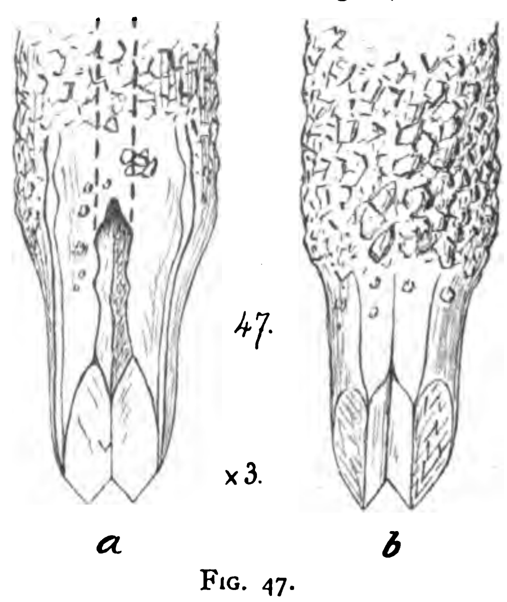


Fig. 47.

Or, ce pointement était alimenté par la circulation interne; la lumière du tube est libre et vient déboucher dans une gouttière, qui continue le joint entre les deux rhomboèdres, ainsi que l'indique le croquis. Ce canal, de section losange, a encore 1 millimètre de diamètre; à l'attache du tube, il est cylindrique, avec 3 millimètres de diamètre.

Le revêtement cristallin, lui, recevait au contraire la solution calcique venant de l'extérieur, non pas par ruissellement proprement dit, mais plutôt par un mouillage de proche en proche, grâce au réseau de joints existant entre les rugosités cristallines surajoutées. Il est donc permis d'admettre que les deux solutions ne se mélangeaient pas et favorisaient, chacune, une cristallisation particulière. En effet, les grains cristallins d'orientation aberrante (lumière polarisée) font leur apparition, sur la partie lisse terminale, par une suite de rugosités continuant directement la surépaisseur. Plus bas encore, il n'y a que quelques petits groupes isolés, en relief, des points microscopiques polygonaux, qui semblent marquer la limite où les deux solutions arrivaient en contact (fig. 47).

De toutes ces observations il résulte que, tant que l'épaississement extérieur d'un tube est la conséquence du ruissellement de la solution venant de son intérieur par les capillaires, l'orientation cristalline primitive reste longtemps conservée; lorsque, au contraire, le liquide incrustant lui vient directement de l'extérieur, les couches surajoutées constituent bientôt des agrégats de grains cristallins, orientés plus ou moins normalement sur l'axe du tube et devant, en tout cas, prendre une disposition rayonnante pour se partager la place.

Cette conclusion suggère quelques hypothèses qu'il y a lieu d'examiner.

§ **19**. — En se basant sur les recherches poursuivies en vue d'établir l'influence qu'ont de minimes quantités de corps étrangers, mélangés à une solution, sur la forme des cristaux qui y naissent, études reprises avec un soin méticuleux par M. Vater, on serait tenté d'attribuer à une légère différence chimique entre la solution qui circule à l'intérieur des tubes et celle qui ruisselle à l'extérieur, les changements d'orientation et de forme qui viennent d'être reconnus.

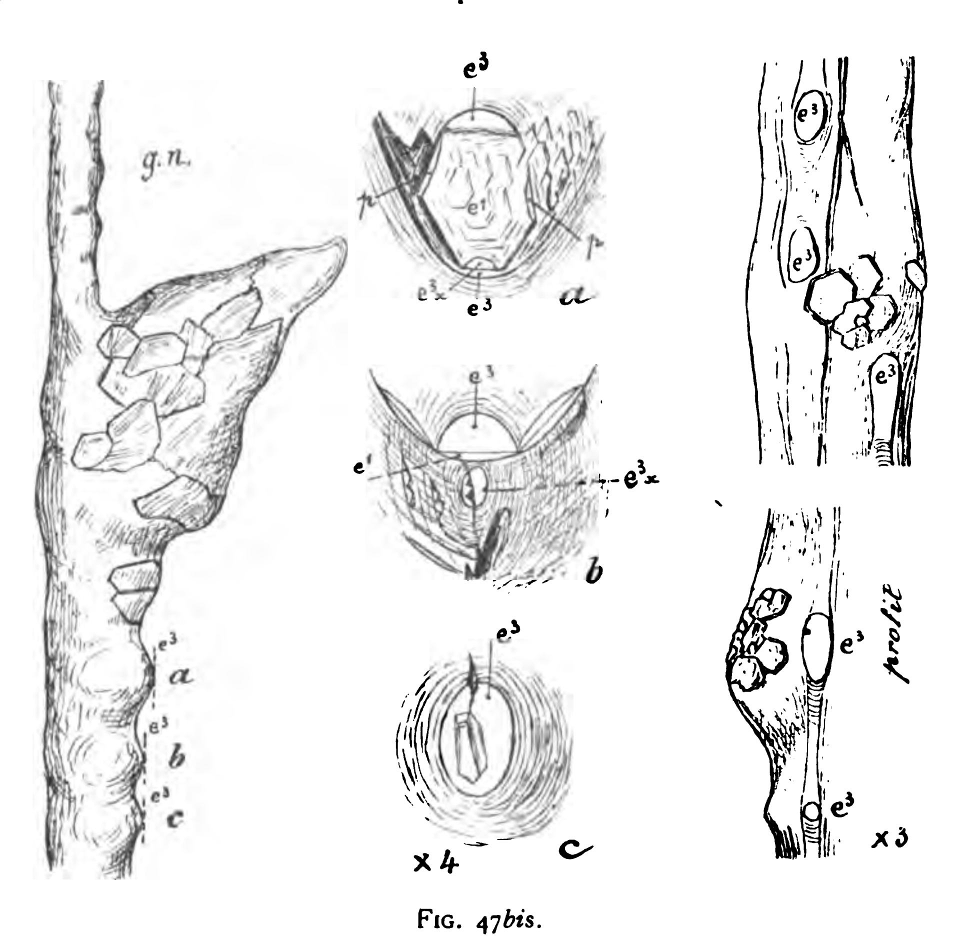


FIG. 47*bis*.

Diverses constatations m'avaient fait penser à une intervention de la silice. Or, un dosage, que M. le professeur Nihoul, de l'Université de Liége, a bien voulu faire avec le plus grand soin, n'a donné que des traces de SiO^2 dans la calcite d'un cône opaque. J'ai répété moi-même l'opération en tenant scrupuleusement compte de toutes les précautions que M. Nihoul m'avait indiquées, et suis arrivé au même résultat (5 milligr. SiO^2, pour 8537 milligr. $CaCO^3$).

On revient d'ailleurs de cette hypothèse, si l'on observe que les solutions, tant internes qu'externes, que nous considérons, ne sont pas comparables aux liqueurs chimiquement pures mises en œuvre dans les expériences auxquelles il vient d'être fait allusion. Les phénomènes particuliers à nos stalactites se produisent aussi bien

pour celles qui sont limpides que pour celles qui sont opaques, rouges (Fe^2O^3) ou noires (MnO^2).

Il y aurait plutôt lieu de rechercher l'influence de causes physiques, telles que le degré de concentration, la rapidité de la cristallisation, etc.

Ce travail devrait être poursuivi sur place, dans des conditions exigeant beaucoup de patience et de temps.

Essayons d'arriver à un résultat en multipliant et discutant les observations faites sur les spécimens récoltés. Examinons, notamment, de près, les pièces où la transformation en est à son début. Choisissons, pour cela, une stalactite tubulaire, en spath limpide, soudée au sol et ayant un seul ergot épaissi, servant encore à débiter la solution intérieure (fig. 47 *bis*, à gauche).

La surface de l'excroissance est couverte de grandes plages mates, polygonales, irrégulières, dont on trouve encore, de distance en distance, des spécimens plus petits, sur toute la longueur du tube, soit une soixantaine de centimètres. Ces petites plaques se tiennent le long d'une génératrice de la pièce, que je considérerai comme étant sa face.

Cette sélection indique déjà que l'accroissement externe ne se fait pas par un enrobage brutal.

Les faces e^3, qui brillent sur tous les bourrelets de l'échantillon, ont une disposition faisant ressortir l'obliquité de l'axe des rhomboèdres de l'empilement, sur l'axe du tube; celui-ci est, en outre, fortement courbé (rayon 32 centim. env.).

Ces nodosités, que nous avons tant de fois rencontrées, ne sont donc pas uniquement dues au ruissellement; elles marquent surtout les régions où la cristallisation est plus active. Si un changement a lieu, c'est en ces points qu'il se produira de préférence, surtout que le tube-cristal n'est que mouillé par la solution.

Considérons trois de ces mamelons en dessous de l'ergot. Ils se suivent sur la face de l'échantillon, dans une partie qui commence à être envahie par les petites plaques (fig. 47bis, *a*, *b*, *c*). Les faces e^3, qui les terminent, semblent être verticales. Leur situation est telle, heureusement, qu'un support spécial permet de placer l'encombrant cristal sur le goniomètre et de préciser, par des mesures exactes, les observations faites à la loupe.

Le premier ovale e^3 (fig. *a*) est presque totalement couvert par une plaque hexagonale irrégulière, en sorte qu'on n'en voit plus briller qu'un bord en haut et en bas (moins que sur le dessin). Ce recouvrement possède : trois faces e^1, dont la plus grande, terne et bombée par répétition, fait face à l'observateur; deux faces p brillantes; enfin, une facette $e^3{}_x$ très brillante. Bien que la petite plaque fasse corps avec la nodosité du tube, vers la droite, par une suite de minuscules pointements parallèles, elle ne constitue pas un individu rigoureusement orienté conformément au support, sinon $e^3{}_x$ et e^3 inférieurs coïncideraient. La différence d'inclinaison semble faible; à la mesure on a :

$$e^3{}_x : e^3 = 0°11' \text{ à } 13'$$

En dépit des apparences, la petite plaque est donc un cristal étranger à l'édifice moléculaire du tube, qui, en se développant, fournira une plage ou une fibre d'orientation aberrante et contribuera à la transformation de la stalactite.

Le deuxième ovale e^3 (fig. *b*) est plus dégagé dans sa partie supérieure, tandis que sa partie inférieure disparaît sous un mamelon continuant celui du support; il est couronné par une facette $e^3{}_x$, découpée elle-même en deux parties par un joint et parallèle à e^3 sous-jacent. Négligeant les détails, nous noterons cependant encore la présence d'un bord de la face e^1 supérieure, commune à l'ajoute et au tube, semble-t-il. Au goniomètre, cette apparente conformité d'orientation disparaît : $e^3{}_x$ et e^3 ne sont pas parallèles et, suivant que l'on prend l'une des deux moitiés de $e^3{}_x$, la différence va de :

(partie de droite $e^3{}_x$) : $e^3 = 1°51'$, à (partie de gauche $e^3{}_x$) : $e^3 = 2°53'$.

D'où il ressort aussi que les deux moitiés de la facette $e^3{}_x$ sont inclinées l'une sur l'autre d'un degré environ.

Par contre, l'angle fait par e^1 avec la grande moitié de $e^3{}_x$ (dans la partie voisine de cette facette bien entendu) se rapproche de la valeur calculée :

$e^3{}_x$ inf. : e^1 sup. $= 40°52'$ calc. $41°6'$.

Le troisième ovale e^3, enfin (fig. *c*) n'a, sur sa face polie, qu'un grain cristallin, une ébauche, dont on peut seulement dire que son orientation diffère de celle du tube, en lumière polarisée. Le même artifice d'éclairage fait ressortir de-ci de-là des ponctuations polygonales, qui sont les amorces d'autant de plaquettes.

Un autre tube très cristallin, dont l'épaississement est à son début, possède également des amas de plaquettes, des grains hexagonaux et triangulaires, sur trois nodosités; deux d'entre elles sont représentées, l'une de face, l'autre de profil, figure 47bis (à droite).

La cassure a établi que ces grains avaient une racine pyramidée de 1 $^1/_2$ millimètre de profondeur. Séparés par groupes de trois ou quatre et polis parallèlement à la surface libre, les grains montraient la croix axiale avec des inclinaisons différentes. On peut dire, par conséquent, que leur axe principal était vaguement perpendiculaire à l'axe du tube, comme dans l'exemplaire entièrement envahi par cette granulation, qui a été décrit antérieurement (fig 45).

Comme dernier exemple de localisation de l'épaississement externe d'orientation aberrante, au début de son apparition, je citerai un débris de tube épais, partiellement ovale dans la section (axes = 1 : 1.34), analogue à fig. 39, ayant aussi cette orientation à peu près, qui ne possède de petites plaques triangulaires, serrées les unes aux autres, que le long des deux génératrices par lesquelles passe le grand axe de l'ovale de section, c'est-à-dire à proximité desquelles seraient les faces e^3 (comparez fig. 39*a*).

Une fois l'orientation initiale du cristal-tube abandonnée par les couches subséquentes, elle ne peut plus être recouvrée. Sur les pièces qui viennent d'être examinées plus minutieusement, on voit déjà persister cet antagonisme entre les grains cristallins, pourtant si rapprochés, et le tube lui même. Ces divers éléments gardent leur individualité Entre les plaquettes se maintiennent des gouttières faites de facettes brillantes, que le renflement du tube, qui s'accroît de son côté, ne franchit plus. Les nouveaux venus, au contraire, s'épanouissent au fur et à mesure que les gouttières se ferment dans le fond et que certains des leurs avortent.

Quant à la raison du phénomène, elle est à chercher dans les conditions exceptionnelles où les cristaux tubulaires se trouvent placés, ainsi que dans la lenteur de leur développement.

J'ai insisté (§ 5) sur le trouble profond jeté dans la marche de la cristallisation des tubes par le simple fait de leur rupture. Un effet analogue doit être produit par l'intervention de corps étrangers, attendu qu'ils ne croissent pas dans un bain dans lequel un filet d'une solution contaminée serait dilué, dans lequel encore un germe cristallin susceptible d'altérer l'orientation moléculaire primitive serait écarté ou transformé.

L'épaississement externe du cristal tubulaire dépend, il est vrai, pendant tout un temps, d'une solution, qui ne lui arrive du canal interne que filtrée par la roche et par le revêtement auquel il pend; cette solution est en outre conservée à l'abri de l'air, jusqu'au moment où elle s'échappe des capillaires pour humecter graduellement toute la pièce; mais ces filtres sont sujets à de continuelles transformations et celles-ci retentiront d'autant plus fortement sur l'arrangement moléculaire, qu'il se fait à fleur de peau, pour ainsi dire, et se trouve particulièrement influencé par les phénomènes de capillarité, de tension superficielle, de pesanteur.

Aussi le trouble, même local, jeté dans ces cristallisations, par des impuretés venant de l'intérieur et surtout de l'extérieur, est-il profond et irrémédiable.

Parmi les causes perturbatrices, il faut encore mentionner le dessèchement complet de la stalactite, avec reprise ultérieure de la circulation interne ou externe.

§ **20**. — Ces motifs expliquent vraisemblablement pourquoi le contact temporaire de solutions variées produit, sur certaines stalactites, des couches non adhérentes, des membranes qui fuient le support. Elles se soulèvent un peu, pour constituer de véritables ampoules plates, remplies de liquide, qui se recouvrent ensuite de nouvelles enveloppes. La stalactite devient caverneuse.

A ce type appartiennent des renflements peu allongés, des tronçons cylindro-coniques, directement soudés au plafond des grottes, hérissés de bourgeons et d'épines, qui semblent en être aux premiers stades de leur développement.

L'apparition de ces proéminences, à la surface d'une masse de calcite de plusieurs centimètres d'épaisseur, se comprend lorsqu'on y pratique une coupe longitudinale (fig. 48). Celle-ci établit qu'il y a communication entre la lumière d'un tube initial et des canalicules sinueux (en noir), des interstices, des joints, ménagés

dans les couches successives du cône. On ne voit leurs capricieux trajets qu'en usant soi-même la pièce. Ce sont ces vides qui aboutissent aux capillaires des excroissances superficielles et y amènent le liquide calcique (voir aussi fig. 102).

Le cône figure 48, imparfaitement fixé à la voûte, recevait des solutions diverses, tant de l'intérieur que de l'extérieur ; sa cristallisation est partiellement fibreuse. Le cylindre de la figure 102 était, au contraire, largement soudé au revêtement ; il en faisait partie intégrante.

Il y a des stalactites volumineuses qui gardent cette structure lacunaire. L'eau calcaire circule dans leur épaisseur, les imbibe peut on dire, puis, suintant à leur surface, couvre celle-ci d'excroissances variées, de filaments bizarres, alimentés par des capillaires. Des tubes s'y greffent latéralement, même lorsqu'elles se sont soudées au sol (fig. 49). En un mot, elles se comportent, à leur tour, comme la croûte luisante à laquelle elles sont enracinées.

Fig. 48.

Certaines variétés opalescentes de calcite donnent rapidement naissance à des grains différemment orientés sur les ergots, sans qu'on puisse en accuser la circulation externe.

Ces excroissances perdent alors les contours arrondis et la symétrie qu'elles possèdent lorsqu'elles cristallisent avec orientation unique. Les formes deviennent anguleuses, irrégulières, bosselées, avec indications de faces courbes. Une suée de liquide cristallisable se fait sur toute la surface, sans qu'il y ait d'autres canaux d'amenée de la solution que le tube, les joints irréguliers, les fêlures de clivage et les rudiments de capillaires tortueux de l'ergot.

§ **21**. Les fils. — Outre les pendants de grande taille qui viennent d'être passés en revue, nos grottes renferment une véritable végétation calcaire, fixée au plafond et aux parois, dont elle souligne les fissures.

Partout où les joints de la roche laissent passer le liquide incrustant, il dépose des enduits de calcite, sur les pores desquels naissent des fils transparents, dont la croissance s'effectue toujours par le procédé du déversement à l'extrémité d'un capillaire d'une ténuité extrême (0,005 millimètre.)

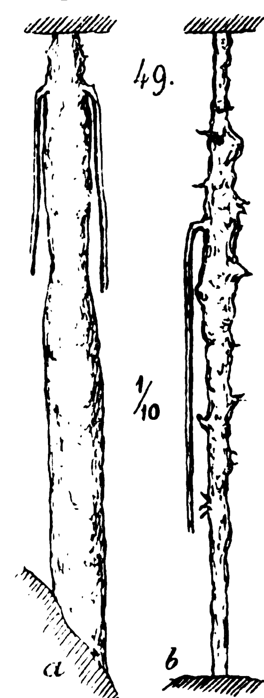


Fig. 49.

Les fils les plus fins, d'une fraction de millimètre de diamètre, n'ont que

quelques centimètres de longueur; les plus gros atteignent 12 et 15 centimètres. Les uns sont cylindriques et lisses; les autres, anguleux, ont des facettes confuses. Certains ont un renflement terminal, des nœuds cristallins (fig. 50 à 57). Au microscope, on reconnaît les zones laiteuses d'accroissement et les clivages. Pour la plupart l'axe cristallographique est parallèle à l'axe de figure, mais il n'en manque pas qui ont une obliquité marquée des extinctions, indiquant une inclinaison de l'axe principal, jusque 30° et au delà.

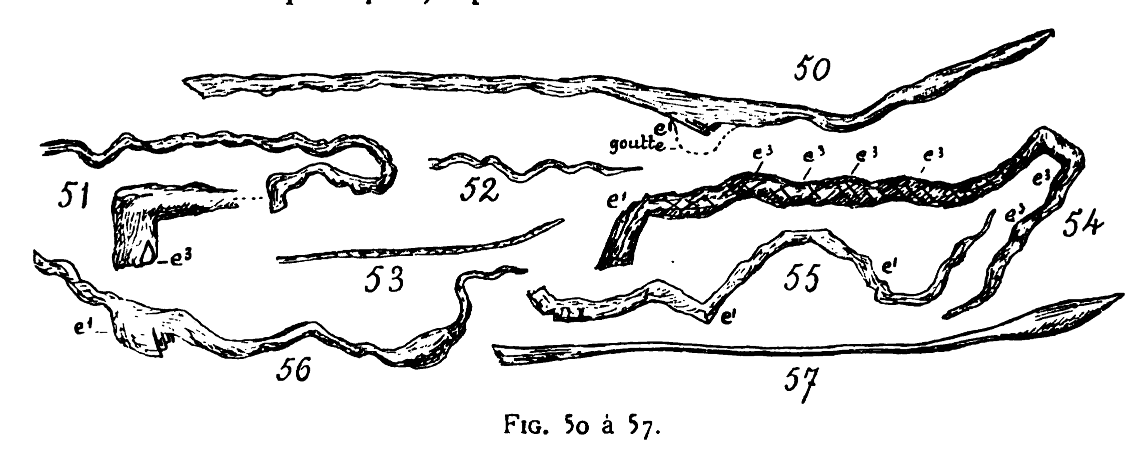


Fig. 50 à 57.

Ce sont bien les mêmes filaments que représentent les photographies de la grotte de Jenolan, citées au début de ce mémoire; on en conclura que « le mystère » s'explique sans difficulté.

La plupart de ces excroissances se contournent, se croisent, s'enchevêtrent; elles se soudent bien rarement, à cause de leur orientation cristalline différente. Jamais elles ne se bifurquent.

Les longs fils sont souvent coudés; ils rappellent les ergots par les ébauches de cristaux qu'ils présentent aux points où l'eau de suintement se réunit en gouttes. Leur incurvation vers le haut établit que le liquide d'alimentation provient de l'ouverture terminale du capillaire et qu'il en arrive en excès.

§ **22**. — On trouve encore, parmi les fils, des formes courtes, droites, constituées d'une suite de petits renflements équidistants, couverts de facettes brillantes malgré leur exiguïté. Ce sont toujours les mêmes empilements, moins serrés, toutefois, que les autres.

Ils sont formés, nous dit la figure 58 (× 20), de rhomboèdres e^1 globuleux, avec troncatures e^3, ce qui donne à ces fils leur aspect perlé et scintillant.

Ceux dont l'empilement n'est pas rigoureusement axial, qui ont des faces allongées par répétition, prennent l'apparence de vrilles fort délicates; elles possèdent aussi d^1 strié (fig. 59; × 10).

D'autres spécimens, à étranglements moins marqués, cylindriques même, d'un poli parfait, avec six facettes longitudinales finement striées d^1, se terminent par

une pointe en ogive, où brillent trois petites saillies ovales avec e^3. A l'extrémité, très aiguë, débouche un capillaire extrêmement fin (fig. 60 et 61 ; × 10).

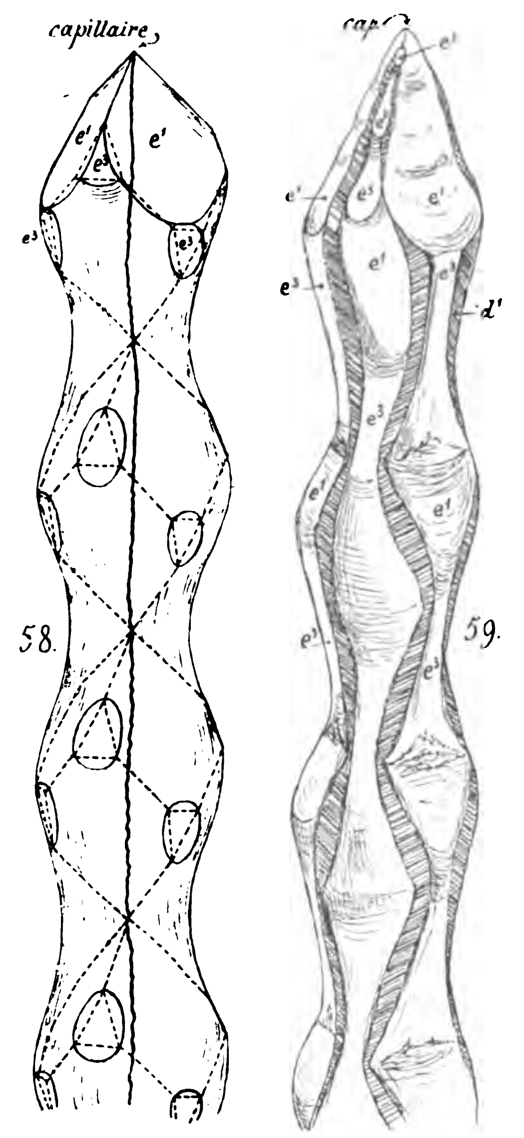


Fig. 58 (× 20) et 59 (× 10).

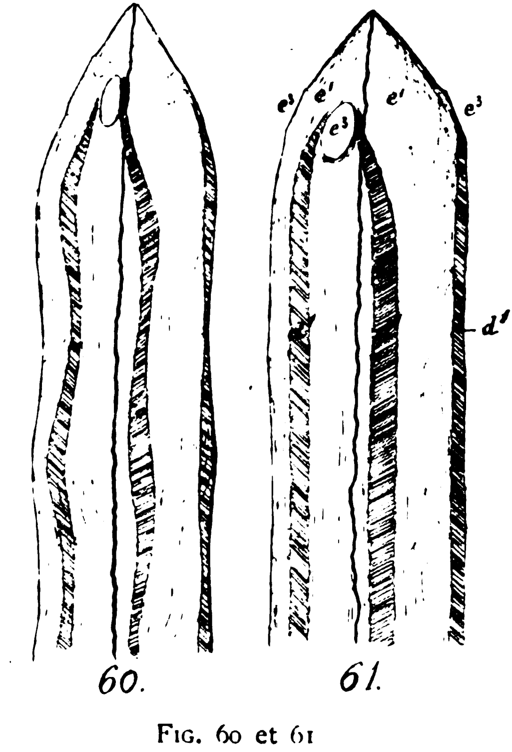


Fig. 60 et 61
× 10.

§ **23**. Les clochettes. — Il peut se faire que les fils, lorsqu'ils sont arrivés à un certain développement, reçoivent trop peu de matière cristallisable; leur extrémité s'amincit alors, revient en arrière par un crochet, se contourne, se pelotonne (fig. 62 à 64).

Si, ensuite, l'apport de la solution nutricière se fait de nouveau plus abondamment, le liquide est retenu par cette nodosité terminale et un glomérule cristallin s'amorce, informe d'abord, puis mieux constitué, à pointement double ou multiple, ayant les apparences d'une clochette suspendue à un fil si ténu qu'un souffle la détache (fig. 65 à 72).

Sur les croquis amplifiés au triple, sur celui, fig. 67, qui est plus agrandi encore, on remarquera que, toutes les fois qu'il est possible de suivre le trajet du capillaire, on lui voit décrire des zigzags très serrés, puis dévier brusquement par un coude, une boucle même, qu'une petite saillie marque extérieurement, près de l'attache de la clochette (fig. 66, 69, 70, 71).

L'apparition de cette dernière crée les conditions requises à la formation et au maintien d'une goutte à l'extrémité du fil, de sorte que la petite campanule peut

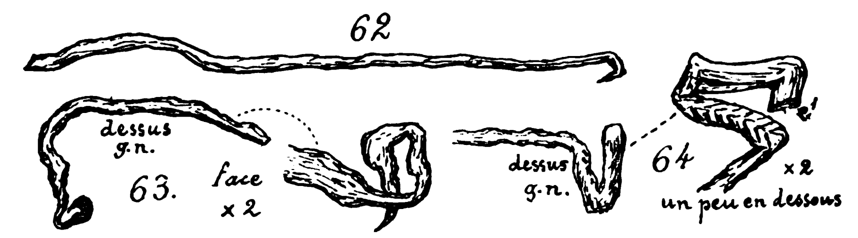


Fig. 62 à 64.

s'accroître comme une baguette quelconque. L'allongement n'est jamais considérable, tant l'attache est fragile, à moins que le support ne se renforce ou que

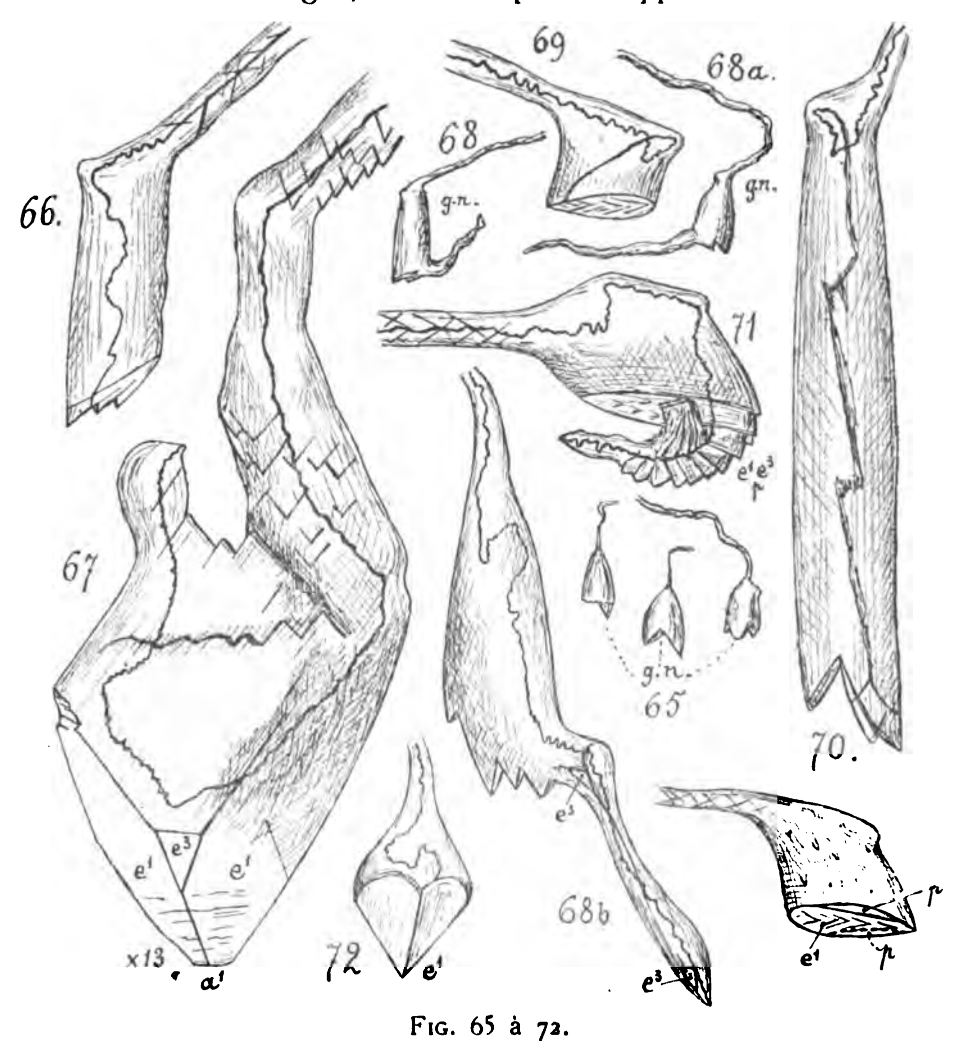


Fig. 65 à 72.

d'autres fils ne viennent, par hasard, se souder à la baguette naissante pour la soutenir.

Avec l'agrandissement de la clochette, le capillaire se transforme et passe à un joint parfois disposé en zigzag, la cristallisation lui imposant un trajet variable (fig. 70). L'extrémité porte des terminaisons nettes, disposées comme celles des baguettes proprement dites, sur lesquelles nous pourrons recueillir quelques observations complémentaires.

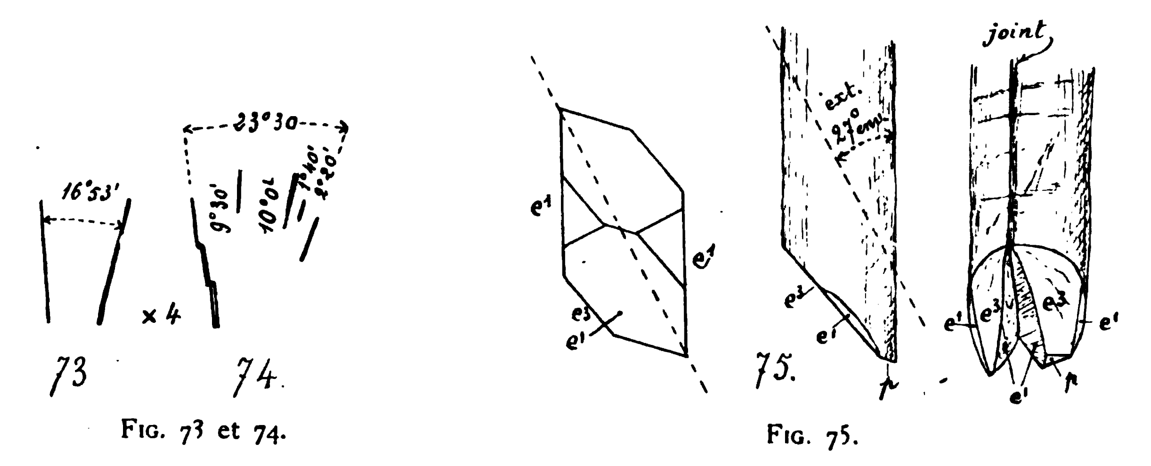


FIG. 73 et 74.

FIG. 75.

Deux ou plusieurs angles culminants de e^1, presque parallèles, constituent la terminaison habituelle. En prenant l'empreinte des arêtes, à l'encre d'aniline, sur un carton lisse, les traces sont pures, telles que les représentent, amplifiées quatre fois, les figures 73 et 74. Dans l'une, deux arêtes font un angle de 16°53′ (moyenne), et dans l'autre, où il y a cinq arêtes, l'angle, entre les deux arêtes extrêmes, est de 23°30′ (moyenne).

Le parallélisme entre les deux individus, qui composent tant de baguettes, est moins troublé d'ordinaire. C'est aussi le cas pour la clochette allongée de la figure 75 (analogue à fig. 70) qui présente, par contre, l'orientation particulière déjà rencontrée dans un échantillon plus volumineux (fig. 39). En effet, la troncature oblique de la double terminaison appartient à une face brillante e^3, largement développée, inclinée sur une génératrice du cylindre d'environ 139°, au goniomètre d'application. L'angle normal e^3 sup. : e^1 inf. (sur e^2) étant 41°6′ (suppl. de 138°54′), on voit que dans cet empilement deux faces opposées de e^1 sont verticales, comme dans le spécimen fig. 39. Dès lors, l'axe optique, qui fait un angle de 26°53′ avec une face de e^1, doit être incliné d'autant sur l'axe du cylindre; c'est ce que l'observation vérifie et ce que le dessin renseigne.

Ces mesures ne sont qu'approximatives, les deux individus étant légèrement déplacés; l'observation goniométrique permet de constater que l'inclinaison des deux moitiés de la troncature e^3 est :

$$e^3 \text{ à droite} : e^3 \text{ à gauche} = 1°34'$$

En conséquence, un joint s'est maintenu entre les deux cristaux, tandis qu'il n'y en a pas dans l'échantillon fig. 39, dont la troncature e^3 est, en outre, bien moins développée.

§ **24**. — On peut se demander si le suintement extérieur n'intervient pas, partiellement au moins, dans le développement des clochettes. En plaçant ces échantillons dans leur position primitive et en amenant de l'eau avec une pipette à la base du fil, on voit, chez certains, le liquide glisser d'un coude à l'autre, s'étaler sur la clochette et se réunir en goutte à sa base.

Mais cette expérience est sans application. D'abord, le ruissellement externe augmenterait le diamètre des fils; ensuite, la disposition remontante de beaucoup d'entre eux a déjà été signalée : elle empêcherait l'arrivée du liquide au renflement cristallisé.

Il est d'ailleurs certain que son alimentation se fait par l'extrémité du capillaire, car, lorsque, la campanule étant constituée, l'apport de liquide devient de nouveau trop faible pour que la goutte destinée à lui conserver son diamètre puisse se former, la croissance de la clochette se trouve compromise. Bientôt un fil se reforme à sa base, en s'amorçant quelquefois par une pile de petits cristaux très nets (fig. 68, 68*a*, 68*b*, 71). Ainsi naissent des appendices démesurés, qui serpentent au hasard et amènent la rupture du pédoncule, lorsqu'ils prennent quelque volume. Certaines clochettes creuses exigent aussi une alimentation par l'intérieur.

§ **25**. Les crochets et autres ornements des parois. — Une place spéciale leur est accordée dans cette énumération, bien qu'ils se rattachent aux formes déjà décrites, parce que ces excroissances, fixées à la surface de la roche ou végétant sur l'enduit de calcite qui la recouvre, ne bénéficient pas d'une orientation déjà déterminée par un support cristallin; il en résulte quelques apparences particulières.

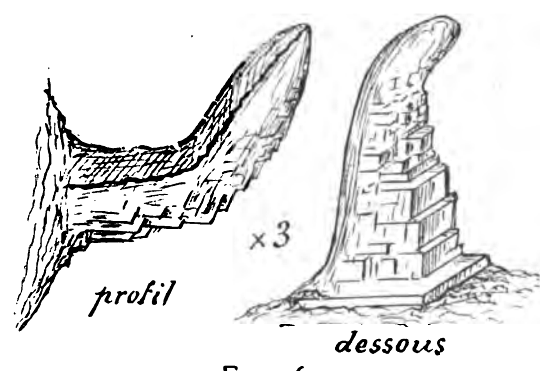


Fig. 76.

Le mécanisme de formation est toujours le même; toutefois, les échantillons sont volontiers plus empâtés, plus massifs. On en trouve cependant beaucoup qui montrent des files de rhomboèdres e^1, empilés à leur partie inférieure.

Les plus simples sont des crochets lisses, jaunâtres, courbés en tous sens, volontiers vers le haut. Les empilements e^1 qui les constituent sont déviés de maintes façons, parce qu'ils s'amorcent mal, ainsi que cela s'est produit pour la pièce fig. 76, représentée de profil et de dessous. La croissance se faisant ici dans une direction horizontale, une face en avant, l'extrémité tend à s'orienter d'une manière plus conforme au développement régulier du cristal, de façon qu'un plan de symétrie soit vertical et la pointe du rhomboèdre en avant, deux faces ou deux arêtes culminantes étant plus ou moins horizontales. Les formes droites, régulièrement développées, sont nombreuses; elles correspondent à des schémas tels que celui de la figure 77, qui n'est autre chose que l'empilement de la figure 39 placé horizontalement, ou encore à ceux des figures 78 et 79, qui sont voisins de la figure 3.

Les crochets régulièrement courbés en demi-cercle et au delà sont souvent des empilements courbes, analogues au schéma fig. 23. Leurs clivages ont alors

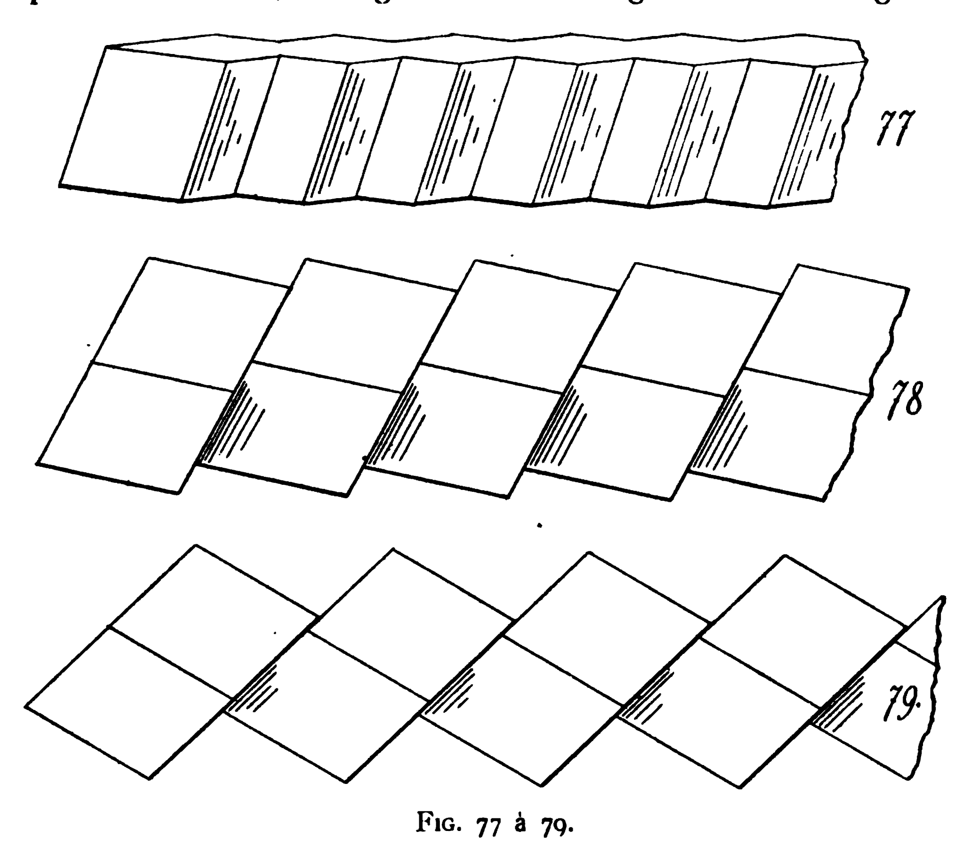


Fig. 77 à 79.

une sphéricité marquée; j'en ai mesuré dont le rayon de courbure ne dépassait pas 5 à 6 millimètres.

Dans toutes ces excroissances (fig. 80 à 85), le capillaire se maintient dans la partie supérieure de la pièce, l'épaississement se faisant surtout vers le bas, où le liquide incrustant s'accumule. Pour cette raison, le dos est arrondi, lisse, tandis que la partie inférieure est cristalline, avec faces e^1 assez bonnes, e^3 et p très brillantes. Les sections sont vaguement triangulaires (fig. 85), losangées ou circulaires. Exceptionnel est un petit échantillon dont la partie supérieure, plane, indique également la succession des faces e^1; les angles non culminants des rhomboèdres qui le composent étant également très nets, il réalise si complètement le schéma de la figure 77, qu'il est inutile d'en donner le dessin.

Les empilements ayant cette dernière orientation (fig. 77, 81, 85) ont, aux deux bords du plat inférieur, une suite de minuscules troncatures brillantes e^3 et leur extrémité en montre alors, souvent, deux plus grandes, facilement mesurables (fig. 81, 85 à droite et 86*a*).

Quoique les conditions imposées à la cristallisation de ces bâtonnets soient encore plus défavorables que celles des tubes, il est remarquable de constater que

néanmoins les deux formes, qui ont le privilège de triompher de toutes les entraves apportées à leur développement, e^3 et p, se présentent avec un poli parfait et des

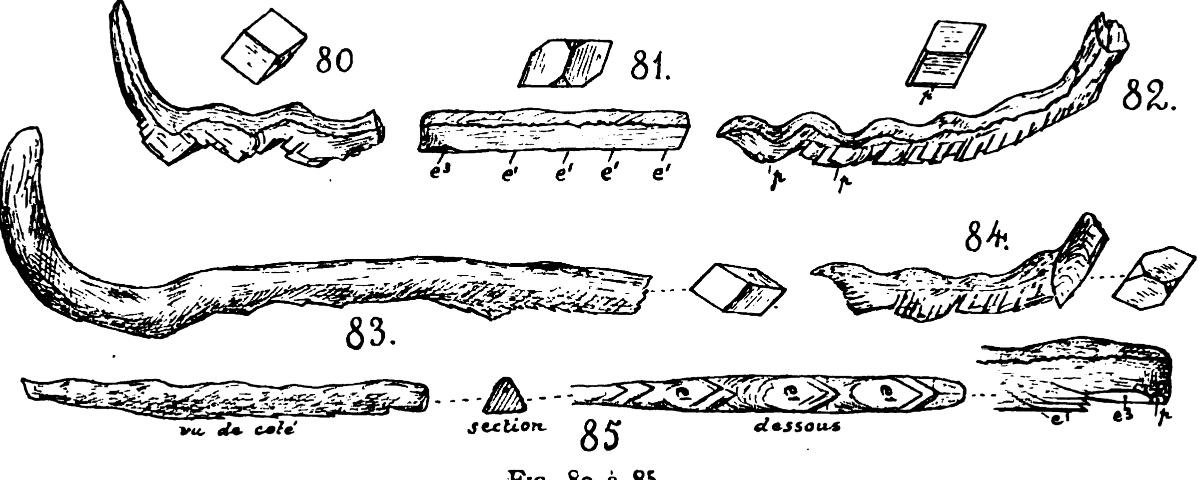


FIG. 80 à 85.

valeurs angulaires pour le moins aussi exactes que celles qu'on relève sur les cristaux provenant des bassins de cristallisation des mêmes grottes. L'extrémité de l'échantillon fig. 85 donne :

d'un côté, $e^3 : p = 31° 8'$ calc. 31°10' ;
de l'autre, $e^3 : p = 31°15'$

§ **26**. — Parmi les pièces droites, il y en a qui sont doublées d'une sorte de semelle plus transparente, qui seule porte des faces e^1 et e^3; un joint sépare les deux parties. La cassure accuse deux groupes de clivages appartenant à deux rhomboèdres p, à axes parallèles, semble-t-il. Il s'agirait donc de l'association de deux rhomboèdres e^1, accolés suivant une face de prisme e^2. Dans ce cas, les clivages p, qui sont parallèles aux arêtes culminantes de e^1, feraient entre eux un angle (normal) de 89°14′ (fig. 86*a*, à droite).

Ce n'est pas ce qu'indiquent les mesures. Elles ont des valeurs approchant de 80°30′, les axes étant inclinés de 5° environ, de part et d'autre du plan séparatif, ainsi qu'on s'en assure optiquement par une coupe longitudinale pratiquée dans un débris du même échantillon.

Quoiqu'il soit établi que l'inclinaison des cristaux constituant les macles n'est pas rigoureusement constante, la différence renseignée ici par la mesure est trop grande pour qu'on ne considère pas les limites admissibles comme franchies.

D'autres échantillons donnent des valeurs différentes, mais voisines cependant, ce qui m'amène à revenir un moment en arrière, pour constater combien les excroissances de nos grottes, parfois si différentes d'aspect, se tiennent de près, lorsqu'on en connaît les termes de passage.

Celles dont la dualité vient d'être reconnue, étant diversement inclinées dans

l'espace, il arrive que l'un des individus constituants se développe plus que l'autre : tantôt l'inférieur (fig. 86*b*), tantôt le supérieur (fig. 86*c*). Fréquemment aussi, la moitié traversée par le capillaire est non seulement opalescente, mais elle est vaguement fibreuse, à clivage difficile et indistinct.

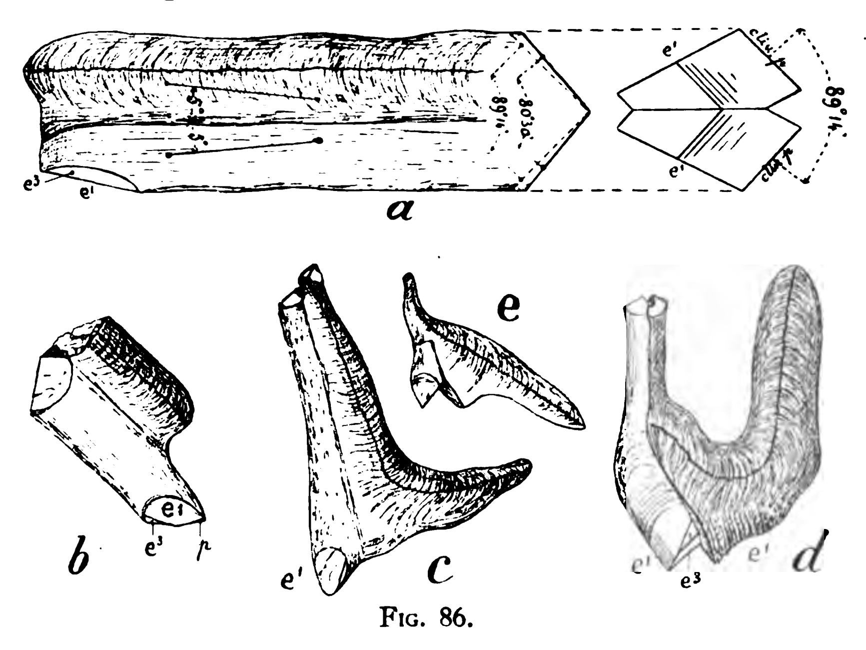


Fig. 86.

Enfin, lorsque les formes de ce type sont verticales, elles s'amorcent par un tronçon de baguette à double clivage, avec un joint séparant deux individus, dont l'un est plus limpide que l'autre. Un capillaire s'amorce au joint et l'un des deux cristaux devient un ergot opalescent, qui se sépare de son compagnon pour s'incurver vers le haut (fig. 86*d*). L'autre cristal, voisin de la position de macle, continue à croître normalement dans la goutte formée par l'excès de liquide du capillaire et du joint mal cicatrisé (§ 12). Sur la pièce fig. 86*d* on mesure :

$$e^3 : e^1 = 57°11' \quad \text{calc. } 57° 5'$$

Semblable échantillon, venant à s'empâter, donnerait un cône mamelonné, couvert de faces e^3, composé de deux individus cristallins, comme ceux dont il a été plusieurs fois question.

Le petit bourgeon de la figure 31 est également à citer ici, et celui de la figure 86*e* lui constitue un pendant qui nous rappelle aussi la forme habituelle des clochettes à leur début (fig. 65).

Au milieu de la profusion de ces protubérances, le hasard en dirige parfois deux, de même orientation à peu près, l'une vers l'autre, sous un très petit angle, ce qui les oblige à se souder lorsqu'elles s'épaississent. Un joint persiste néanmoins entre les deux; les rugosités cristallines de la surface courbe supérieure, près du joint, restent divisées en deux champs qui ne miroitent pas à l'unisson

En dessous, où sont les pointements cristallins, se trouvent des empilements courbes, des tentatives de raccordement qui n'aboutissent pas, tant il est vrai que l'action de la cristallisation sait intervenir, malgré celle du ruissellement, quand ce dernier n'est pas trop abondant.

Lorsque, au contraire, deux ou trois crochets partent d'un mamelon commun fixé à la muraille, ils se séparent bientôt, pour constituer chacun un individu isolé (fig. 104).

§ **27**. — Les empilements décrits au § 25 ne sont pas toujours droits ou courbés vers le haut; il y en a dont les rhomboèdres constitutifs e^1, tout en conservant leurs faces inférieures à peu près dans le même plan, dévient à droite ou à gauche par des coudes brusques. D'autres se déplacent dans le sens vertical et donnent naissance à des formes brisées, telles que celle de la figure 87, représentée au double.

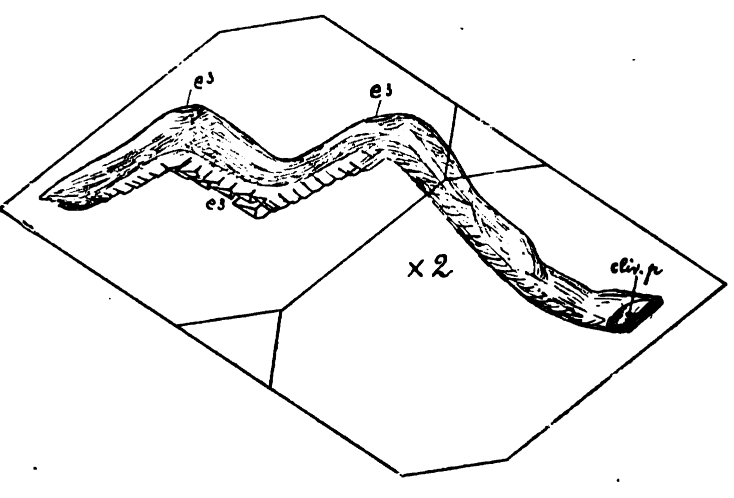


Fig. 87.

§ **28**. – Une orientation fréquente encore, est celle où l'empilement se présente avec une arête culminante de e^1 en dessous; il en résulte une disposition sinueuse, régulière, que le schéma figure 79 explique. Quelques pièces de ce genre sont représentées sur un croquis antérieur (fig. 80, 82, 84).

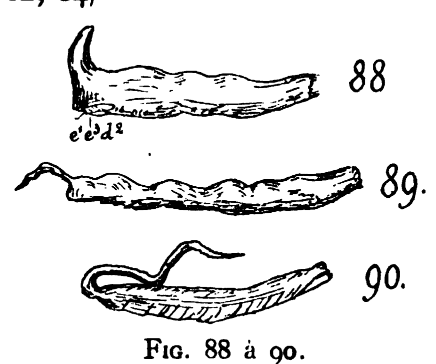


Fig. 88 à 90.

§ **29**. — Chez les excroissances du type droit, il arrive que le bourgeon terminal se développe en un fil qui se recourbe vers le haut, puis se reploie sur le dos de la pièce fig. 88 à 90; comparez à fig. 35*b*).

§ **30**. Les gargouilles. — Cette dénomination est applicable à des échantillons comptant parmi les plus curieux. Ils ont ce caractère commun d'être constitués par un boyau relativement volumineux, à parois fort minces, mais consolidé par un contrefort inférieur, d'épaisseur variable. Le boyau, ainsi soutenu, greffé sur une paroi rocheuse verticale, s'avance de 1 ou 2 décimètres dans l'espa e; on peut le considérer comme une véritable stalactite horizontale.

En effet, la partie mince possède les lamelles dendritiques que l'on trouve aussi sur les tubes verticaux. Comme pour les tubes encore, il y a des marques d'accroissement (inclinées ici), une suture longitudinale, des joints, qui favorisent la naissance d'épines et de filaments parasites (fig. 93 et 94).

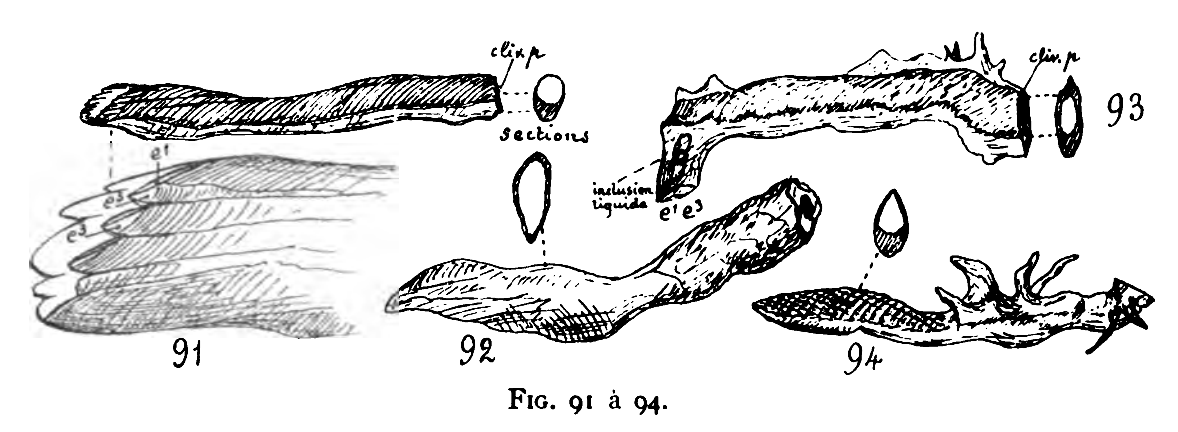


Fig. 91 à 94.

Pour que la formation de ces boyaux horizontaux ait lieu, il faut que l'apport de liquide cristallisable se fasse par une ouverture assez large; la concentration de

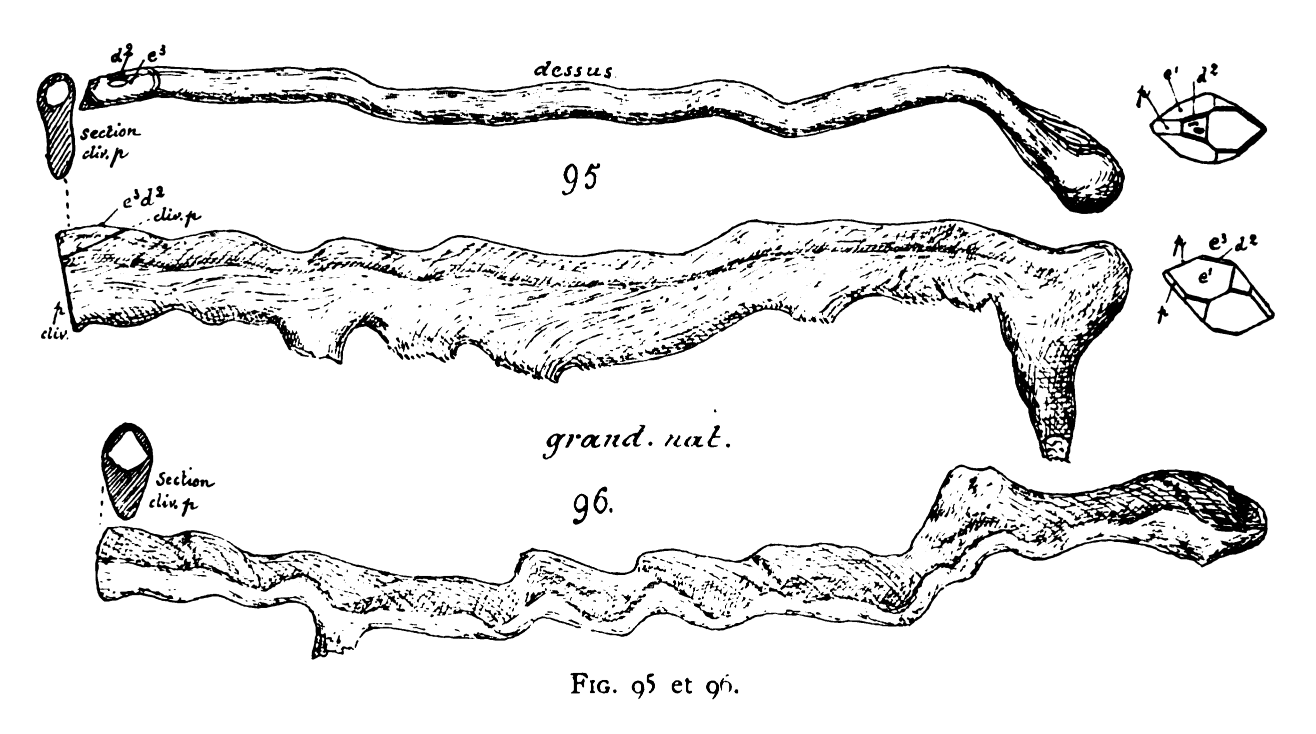


Fig. 95 et 96.

la solution intervient également. Le processus de développement se reconnaît sur des échantillons simples, tels que celui de la figure 91. Le contrefort y est encore peu épaissi, ainsi que l'indique la section ; il ne se marque qu'un peu en arrière du

bec d'écoulement. Tant que l'eau vient seulement mouiller l'ouverture, la cristallisation dendritique, mise en évidence par le dessin agrandi, se continue lentement. Petit à petit, une goutte se gonfle à l'extrémité du bec, glisse le long de la partie inférieure du tube et contribue à augmenter le volume du contrefort. Pour peu que la stillation s'arrête, les dendrites recouvrent la goutte, le boyau se ferme (fig. 92). S'il possède des points de moindre résistance entre les nombreuses lamelles qui le constituent, des excroissances s'y établissent sous l'influence des poussées du liquide (fig. 94).

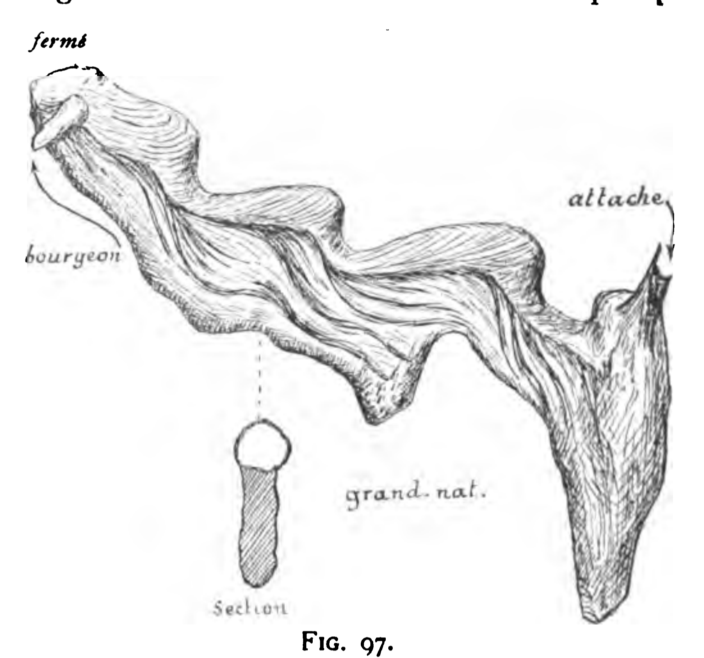


Fig. 97.

Lorsque l'accroissement est régulier, des échantillons exceptionnels, gorgés d'eau, viennent faire saillie de 15 à 20 centimètres sur les parois des grottes. Les figures 95 et 96 en représentent deux, sur lesquels on constate une disposition serpentine amenée moins par la cristallisation, semble-t-il (§ 28), que par une variation dans le débit du liquide calcique.

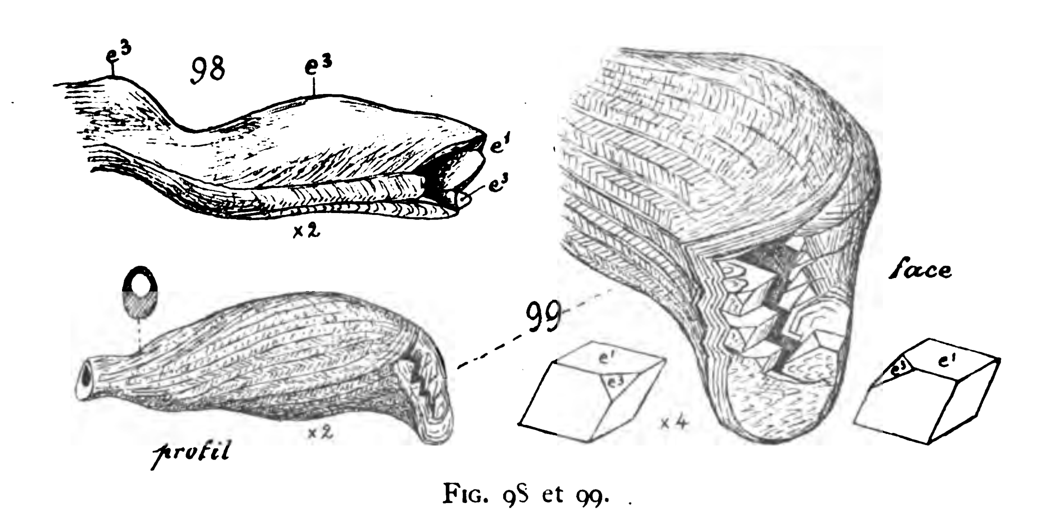


Fig. 98 et 99.

Les veines laiteuses, qui marquent les périodes d'agrandissement de la pièce remontante figure 97, montrent que les appendices inférieurs, avec des ébauches

de e^1, ont été surtout alimentés à chaque incurvation ascendante du boyau.

Le terme de gargouille s'applique mieux aux échantillons plus courts, dont les lamelles composantes s'étalent en éventail, s'associent en surfaces contournées, pour constituer d'élégants déversoirs aux bords cristallisés (fig. 98 et 99).

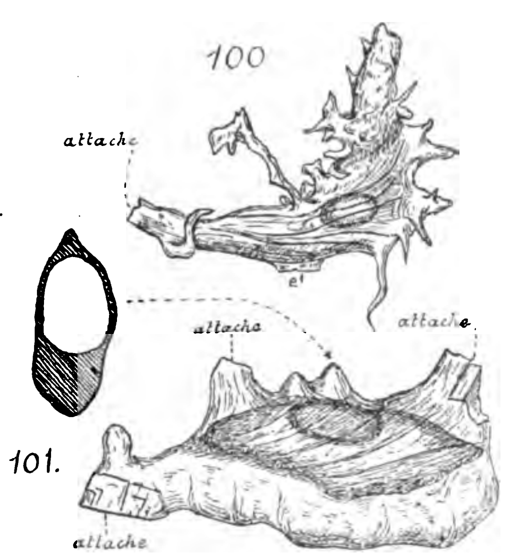


FIG. 100 et 101.

Des espèces de cloches, de petites coquilles remplies d'eau, naissent de cette manière et finissent par se fermer. Ces « enhydros » formés en l'air se couvrent également de fils et d'épines (fig. 100 et 101; avec liquide et bulle).

§ **31**. Associations diverses. — L'étonnante variété de cristallisations, que l'on rencontre dans nos grottes, dépend aussi de la réunion des formes qui viennent d'être décrites isolément. En voici des exemples, auxquels il suffira d'ajouter la remarque que toutes sont susceptibles de se grouper ainsi.

Ici, un cône s'agrémente de gargouilles remontantes ou descendantes; là des

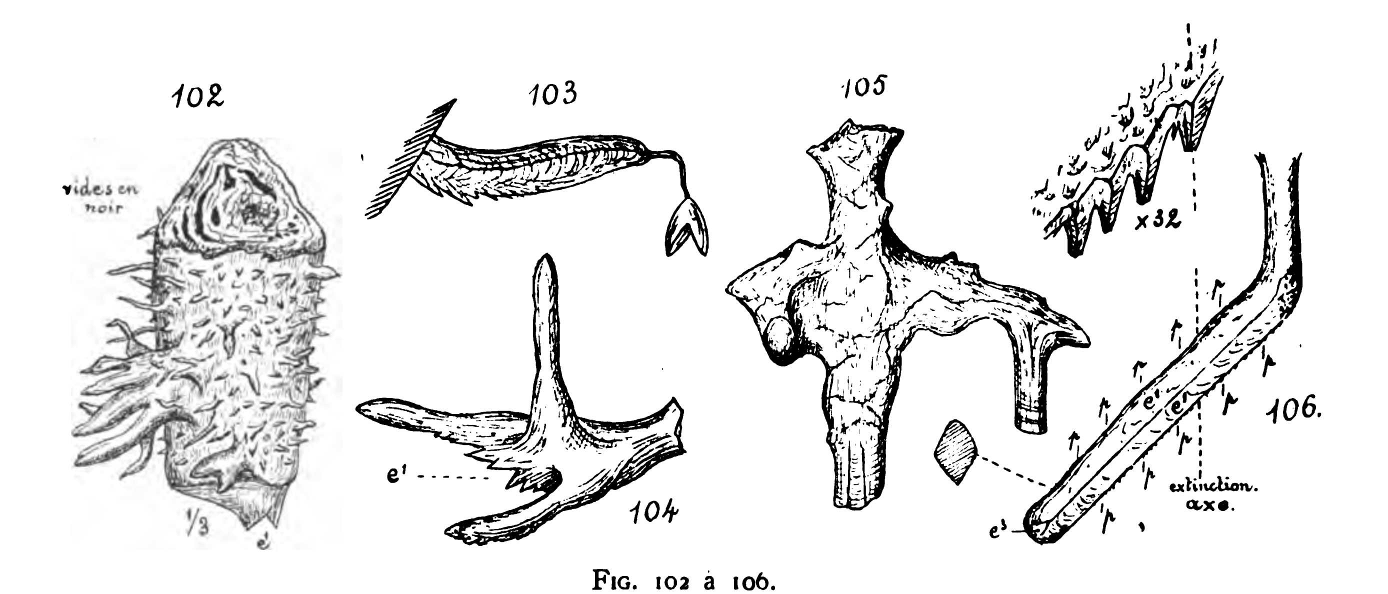


FIG. 102 à 106.

bouts de gros cylindres se hérissent d'une multitude de bourgeons et d'ergots, grâce au liquide s'infiltrant par des couches mal jointes (fig. 102 et § 20) Des

crochets se terminent en clochette ou en baguette (fig. 103). D'autres partent ensemble, à deux ou à trois, d'une même base, pour se séparer bientôt et s'allonger dans des directions diverses (fig. 104). A des moignons cristallins s'amorcent plusieurs tubes (fig. 105). Des tronçons de baguettes se terminent par des piles de rhomboèdres e^1 dont l'alignement est si régulier, qu'ils forment une réglette oblique, avec un tranchant inférieur garni de pointements microscopiques, comme une scie (fig. 106). Les tubes, enfin, se couvrent de touffes de filaments; lorsqu'ils ont un joint diamétral bien marqué, les ergots et les clochettes se disposent le long de deux génératrices opposées et forment des crêtes, qui s'empâtent, finalement, en une seule masse de spath.

Plafonds et parois sont ainsi couverts de délicats groupements, de réparations baroques, dont il faut noter la disposition sur place, la fragilité des échantillons interdisant leur récolte.

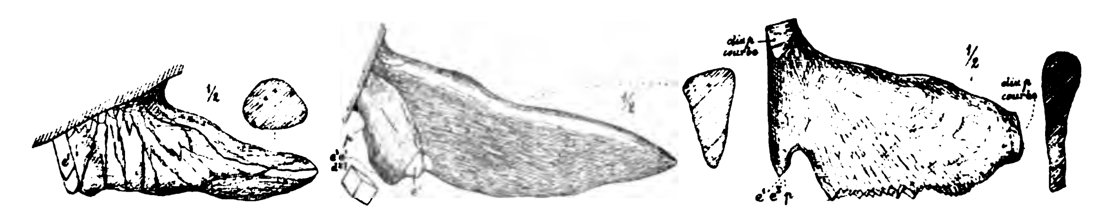


FIG. 107 à 109.

§ **32**. — Cette profusion d'excroissances manque dans certains couloirs. On rampe dans un conduit gluant, aux parois unies et sombres, sans aucune incrustation. La surprise est d'autant plus vive, lorsqu'on voit luire, dans une anfractuosité, l'un ou l'autre bel échantillon isolé, du genre de ceux dont la description suit.

Ce sont des crochets ayant pris un volume considérable. Leur aspect rappelle celui d'une bottine; au talon apparaissent des terminaisons cristallines d'allongement variable. Beaucoup d'entre eux constituent, par leur dentelure cristallisée (fig. 109), des formes de passage vers les draperies dont parle le paragraphe suivant; chez tous, il y a un capillaire à la partie supérieure.

Les pièces représentées en demi-grandeur par les figures 107 à 109, donneront une idée des divers stades d'accroissement de ces masses cristallines, qui en arrivent à acquérir des poids de 50 à 100 grammes et davantage.

A ce type appartient aussi l'échantillon de la figure 110 (grandeur naturelle). Il est fortement épaissi, laiteux à sa partie supérieure, où passe le capillaire d'alimentation; les trois secteurs qui le constituent ont une orientation différente. La crête inférieure a quelques pointements cristallins, d'une limpidité adamantine. La mesure de deux de ces rhomboèdres a donné les meilleures valeurs que j'ai obtenues pour e^1 (comparez les chiffres ci-après, à ceux de la page 21).

Le premier, dessiné à part, est tourné et agrandi de façon à montrer l'apparence monosymétrique de beaucoup de ces cristaux; il a donné :

$e^1 : e^1 = 101°28'$ calc. $101° 9'$

$e^1 : e^3 = 57° 5'$ à $13'$ $57° 5'$

Pour le deuxième cristal on a :

$e^1 = e^1 = 101°20'$ calc. $101° 9'$

Au talon de cette pièce était une courte baguette qui s'est brisée.

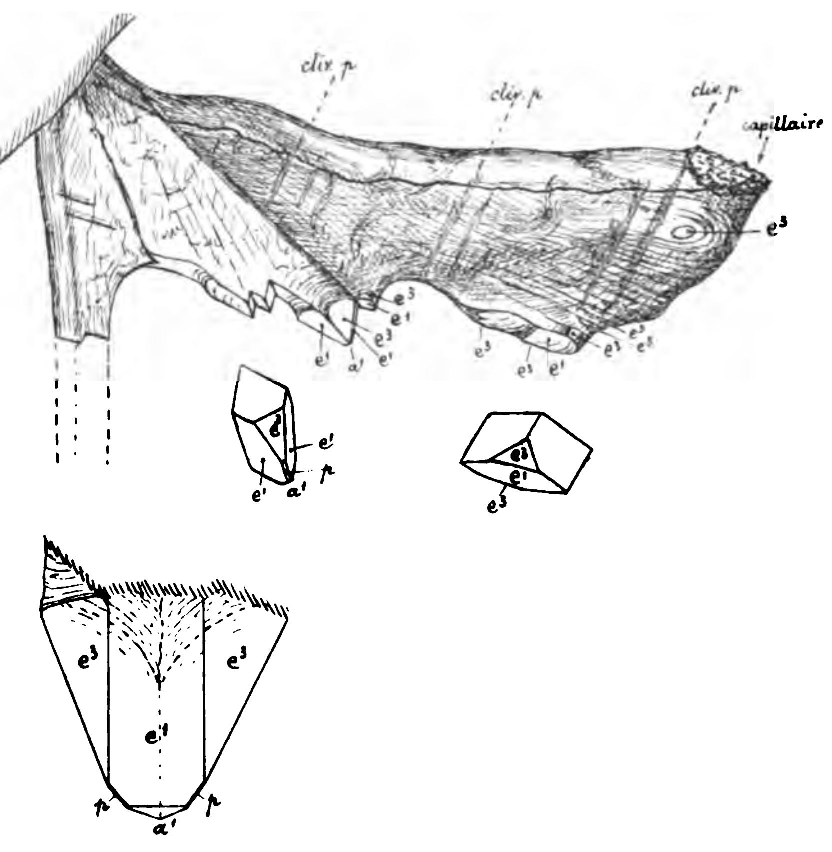


FIG. 110.

§ **33**. LES DRAPERIES ET LES CRÊTES CRISTALLISÉES. — Elles constituent l'un des ornements caractéristiques de toute grotte et peut-être aussi celui sur lequel on trouve le moins de renseignements. Les secondes nous occuperont d'abord, parce qu'elles nous révèlent le mécanisme du développement des draperies en général.

Les crêtes cristallisées, transparentes, terminées par des indentations cristallines, sont assez rares; je n'en connais que des spécimens de petites dimensions. Leur

épaisseur ne dépasse pas 5 millimètres. Elles sont fixées soit au bord d'arêtes rocheuses décomposées, soit le long d'un joint, et débutent par une rangée de cristaux pointant vers le bas. Ceux-ci sont parfois nets et brillants.

L'apport de matière cristallisable a lieu par infiltration entre les joints de la pièce, qui est comme craquelée. Les gouttes alignées occupent des points peu distants, siège d'une cristallisation plus active, lorsque le bord inférieur de la crête est horizontal (fig. 111); s'il est incliné, les gouttes courent le long de la dentelure et l'alimentent ainsi.

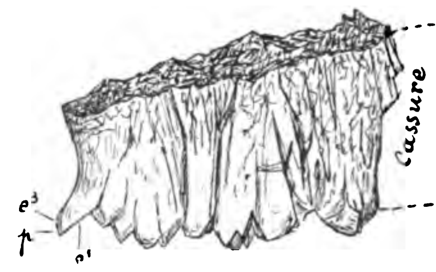


FIG. 111.

Les terminaisons permettent de reconnaître les faces de e^1. Dans l'exemplaire dessiné, le cristal courbe, au bout de la pièce, a, en outre :

$$p : e^3 = 31° \ 8' \qquad \text{calc. } 31°10'$$

Il n'y a pas d'arrangement régulier. Quand l'un des cristaux occupe toute l'épaisseur du bas de l'échantillon, un de ses plans de symétrie concorde à peu près avec le plan de symétrie de la pièce. Quand il y a deux pointements, ils se partagent la place, laissant entre eux de petits creux pyramidés qui retiennent bien les gouttes. Les arêtes et faces tournées vers l'intérieur sont droites et planes; celles de l'extérieur sont courbes.

D'autres crêtes transparentes, blanches, moins bien cristallisées ont des indentations régulières, profondes, qui se fusionnent plus haut en une seule lame, ayant encore 5 millimètres d'épaisseur environ. Les dents semblent être e^1 arrondi et rendu méconnaissable par des rugosités cristallines, obliquement implantées sur ses faces.

La coupe mince, parallèle au plat de la pièce et comprenant quelques dents terminales (fig. 112*a*) est constituée d'une masse de calcite, dont les clivages indiquent déjà l'orientation uniforme; celle-ci est confirmée par l'examen optique, qui fait cependant ressortir la présence de grains isolés, irréguliers, dont les extinctions se font dans des directions obliques.

FIG. 112.

Chaque dent a des couches d'accroissement brunâtres, très pléochroïques, ainsi qu'une ligne axiale, marquée par des impuretés et des inclusions liquides à bulle. Les pointements parasites, inclinés vers le bas, sont également zonaires (fig. 112*b*).

Le prolongement des axes dans la partie supérieure à orientation unique, les vagues stries horizontales d'accroissement qu'on y remarque, les restes de grains

autrement orientés que contient cette masse, tout indique qu'elle s'est progressivement soudée en haut, au fur et à mesure de l'allongement des dentelures terminales.

Ces types facilitent la compréhension de la structure de draperies plus grandes, mais à cristallisation plus confuse encore.

Ce sont des franges laiteuses, grenues, ayant une longueur (verticale) de 1 décimètre et plus, épaisses de 5 à 6 millimètres, qui bordent les saillies sur une longueur de plusieurs décimètres parfois. Malgré leurs dimensions relativement grandes, elles sont composées de bâtonnets élémentaires, assez réguliers, non soudés les uns aux autres et même totalement séparés; on peut donc les considérer isolément (fig. 113*a*). Chaque bâtonnet a une largeur sensiblement égale à l'épaisseur; la section est carrée (fig. 113*c*), ce qui permet d'orienter les lames minces. Voyons-les successivement en coupe parallèle au plat de l'échantillon, en coupe transversale verticale et en coupe transversale horizontale.

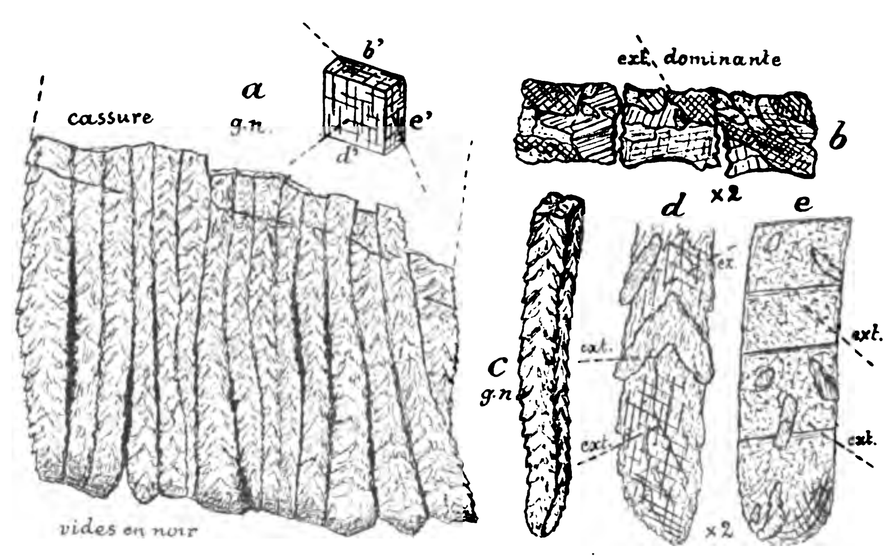


Fig. 113.

Les coupes parallèles au plat de la pièce (fig. *d*) établissent que les individus cristallins inclinés sur l'axe des bâtonnets l'emportent, et règnent même presque exclusivement dans toute leur longueur; les extinctions sont obliques. Chaque bâtonnet a une orientation dominante propre, voisine cependant de celle du bâtonnet suivant; les cassures et plans de clivage conservent à peu près la même orientation dans toute la pièce (cassure fig. *a*). Les lames minces (fig. *d*) mettent deux systèmes de lignes de clivage en évidence, faisant entre elles un angle voisin de 108°, ce qui indique que le plat de l'échantillon est à peu près parallèle à une face du rhomboèdre *p*, dont l'angle plan est 109°8'.

Cette orientation détermine les apparences de la deuxième coupe, la transversale verticale (fig. *e*). On y voit la trace d'un plan de clivage particulièrement accusé; il est presque horizontal. C'est celui qui se marque dans la cassure de la

pièce (fig. *a*). Les extinctions sont obliques. L'extrémité libre est arrondie, avec indications de zones d'accroissement rayonnantes et concentriques. Des grains d'orientation différente s'observent de-ci, de-là.

Les coupes horizontales (fig. *b*) montrent bien la section carrée des bâtonnets, leur légère concavité sur les faces externes, les dentelures des faces internes. On y constate, conformément à l'orientation reconnue, une extinction à peu près diagonale dominante et la présence des grains irréguliers, dont les axes optiques sont fortement inclinés, en divers sens, sur l'axe du bâtonnet.

Malgré cette structure hétérogène, l'individualité de chaque bâtonnet est suffisamment marquée pour qu'il ne puisse se souder à ses voisins; c'est par les interstices que la solution calcique arrive au bord libre, où elle cristallise.

§ **34**. — Les draperies communes, jaunes, translucides, presque opaques

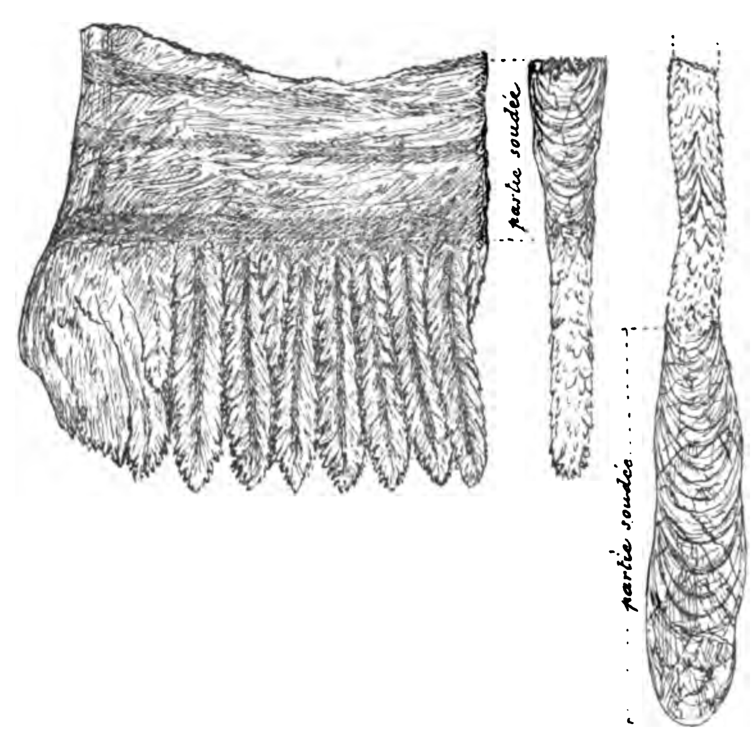


Fig. 114.

sont comparables aux stalactites communes dont il a été incidemment question (§ 1), c'est-à-dire qu'elles sont composées de cristallisations confuses. D'autres, même les plus grandes, présentent des traces de bâtonnets, lorsqu'elles sont vivement éclairées par derrière; ces bâtonnets sont recoupés par des bandes sombres, parallèles au bord libre, qui marquent les phases d'accroissement.

La structure plus régulière n'apparaît, chez certains spécimens, qu'après un

stade de développement irrégulier; les bâtonnets viennent ensuite franger le bord de la partie massive, grenue, à disposition concentrique (fig. 114, à gauche).

Le contraire se produit aussi, c'est-à-dire que les bâtonnets à peine soudés persistent dans le haut, ou tout au moins gardent des traces évidentes de leur disposition première, tandis que l'épaississement se fait vers le bord libre (fig. 114; coupe à droite).

Cette surépaisseur ne provient pas du ruissellement externe le long des faces de la draperie, celles-ci n'ayant subi aucune transformation; elle est probablement le résultat de la circulation de solutions impures amenées au bord inférieur, par son contact avec les parois rocheuses voisines.

S'inspirant de ce qui se passe pour les tubes, on pourrait encore admettre que le liquide imbibant les bâtonnets ne dépose presque pas de calcite, jusqu'au moment où, arrivé au haut de la partie soudée (fig. 114; coupe à droite), il serait obligé de s'étendre sur la surface externe massive et de contribuer à son augmentation. Cette supposition n'expliquerait pas aussi bien la surépaisseur plus considérable du bourrelet vers le bas, qui est contraire au profil constant des formes édifiées par le ruissellement, toutes plus minces à leur partie inférieure.

Pour le premier échantillon décrit (fig. 114 à gauche) l'hypothèse d'une recristallisation partielle n'est nullement exclue; elle rendrait bien compte des faits observés.

Quoi qu'il en soit de ces deux échantillons plus compliqués, on voit que la minceur constante des draperies est réglée, comme l'est le diamètre des tubes, par la grosseur d'une goutte d'eau.

Les draperies sont rarement associées à d'autres stalactites. Notons cependant que le long d'un des bords verticaux, le suintement, plus actif, crée volontiers un cône épais, de nature tubulaire chez les échantillons blancs, cristallins.

Les circonstances locales donnent encore naissance à bien des groupements; leur description m'écarterait trop du but de ce travail; je passerai donc à l'exposé de ce qui concerne les stalagmites.

LES STALAGMITES

§ **35**. Généralités. — On ne considère ordinairement que la stalagmite pleinement développée, qui se dresse sur le sol et finit par se souder à la stalactite à laquelle elle doit son origine. La jonction opérée, le ruissellement continue le long de la colonnette, en la couvrant de côtes longitudinales, de ressauts superposés. Ainsi s'accumulent, au cours des années, des amas de calcaire jaunâtre, que l'on compare à des troncs de palmiers, des minarets, des tiares, toutes formes dont le schéma commun est une suite de cônes tronqués ayant la troncature bombée, la plus grande, vers le haut.

Plus directement en rapport avec mon sujet, sont les observations relatives au début de la constitution de la stalagmite.

Son établissement est laborieux, car elle n'est constituée que de l'excès de matière incrustante que lui abandonne l'une ou l'autre excroissance de la voûte. Le liquide n'étant pas guidé comme chez les stalactites, la nature du plancher, sa forme, sa distance au plafond sont autant de facteurs qui interviennent dans sa genèse. Si l'eau tombe de haut, la goutte s'aplatit violemment, éclabousse une large surface, de sorte que, à l'endroit qu'elle a frappé, l'apport de matière incrustante est presque nul. Si le terrain est en pente, il y a écoulement; s'il est soumis à des crues périodiques, le limon recouvre l'amorce déjà établie et empêche son développement régulier.

Il faut donc un concours de circonstances favorables pour l'édification des stalagmites; c'est pourquoi elles sont moins nombreuses que les stalactites.

Aussi, toutes les colonnes qui relient la voûte au plancher n'ont-elles pas pour origine la réunion d'une stalactite à une stalagmite normalement développée. Beaucoup proviennent d'une stalactite qui s'est elle-même fixée au sol.

Examinons donc rapidement, en manière de transition, ce qui se passe en cette occurrence.

§ **36**. La soudure des tubes au sol. — Dans les salles assez basses, l'allongement continu des tubes rapproche leur ouverture du plancher couvert d'une croûte de calcite. Les gouttes tombent d'une hauteur qui va en diminuant et la stalagmite n'a qu'un relief sans importance. Finalement, les deux pièces s'accolent.

Mais chaque tube ne donne même pas naissance à un rudiment de stalagmite; on vient de voir pourquoi. En outre, l'allongement du tube est beaucoup plus rapide que la croissance de la stalagmite; il vient donc se souder lui-même au plancher luisant, couvert de mamelons et de nodosités avortés. Ses destinées changent alors : qu'il passe par une phase intermédiaire, durant laquelle la circulation interne se continue et le couvre d'excroissances diverses; qu'il s'obstrue définitivement, le ruissellement externe finira par le transformer en une colonnette.

§ **37**. — Quand les tubes arrivent en contact avec un sol limoneux, ils s'y évasent en un disque calcaire de quelques centimètres de diamètre; ils s'enracinent en quelque sorte et ferment, de leurs fils de cristal, les tortueux conduits des grottes.

En brisant leur attache supérieure, on les enlève avec leur base. Celle-ci, transformée en lame mince, permet l'étude détaillée de la soudure. La coupe verticale montre que le tube, dont l'extrémité inférieure est remplie sur une hauteur de quelques millimètres, se comporte, en lumière polarisée, comme un seul cristal; tandis que le pied, constitué d'un concrétionnement argileux, est composé de calcite fibreuse, qui rayonne autour des grumeaux d'argile qu'elle englobe. La plupart de ces petites boules de glaise sont si peu imprégnées, qu'elles sont entraînées par lavage.

On retrouve la même structure, en plus grand, à la base des stalagmites.

§ **38**. — L'AMORCE DES STALAGMITES se laisse particulièrement bien étudier sur les échantillons fixés sur sol argileux; on sait les détacher, les déplanter est plus exact, pour les nettoyer au jet d'eau.

Après cette opération, on a un disque légèrement bombé, de 6 à 7 centimètres de diamètre, d'une épaisseur de 1 à 2 centimètres au centre, translucide, glauque, rappelant l'aspect des méduses qui gisent sur nos plages. La face inférieure présente un aspect scoriacé, par suite de la pénétration irrégulière de la calcite dans l'argile. Le bord du disque est constitué d'une collerette tuyautée, trouée, où l'on voit le carbonate de calcium isoler des grumeaux argileux, gros comme des pois, et les entourer d'une pellicule hyaline fibreuse.



FIG. 115.

Le sommet du mamelon est quelquefois muni d'un rebord cristallin fragile, mince comme du papier, délimitant un petit godet de la contenance de quelques centimètres cubes (fig. 115). Ces petites corolles, dont le mode de croissance est analogue à celui des sels grimpants, sont aussi subdivisées en logettes, où s'amorcent des pointements cristallins.

Elles sont à rattacher à d'autres formations, plus délicates encore, véritables efflorescences du sol, décrites dans un paragraphe ultérieur (§ 43).

§ **39**. — La croissance et la structure des stalagmites. — Dans ce qui suit, je m'occuperai surtout des stalagmites qui jaillissent, un peu partout, du revêtement d'argile, constituant le plancher de certaines parties de la grotte d'Engihoul. Chacun de ces échantillons est donc un spécimen complet.

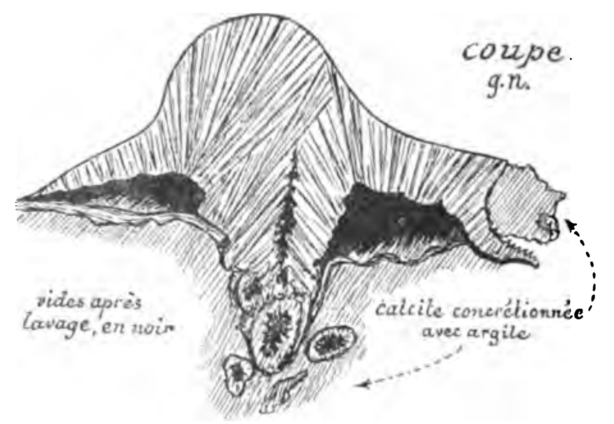


Fig. 116.

Là où le sol argileux est assez mou et le plafond élevé, les gouttes creusent, en se succédant, un enfoncement cylindrique de quelques centimètres de profondeur. La solution cristallisable étant diluée, la calcite a le temps d'imprégner l'argile, de s'y concrétionner comme on l'a dit plus haut, bref, de consolider les environs immédiats de l'enfoncement cylindrique.

Dans celui-ci, la cristallisation s'amorce; la calcite s'étend au delà de l'orifice, et même, si une crue passagère exceptionnelle vient recouvrir l'embryon de stalagmite d'une couche de limon, les gouttes, en tombant exactement à la même place, reprennent le travail interrompu.

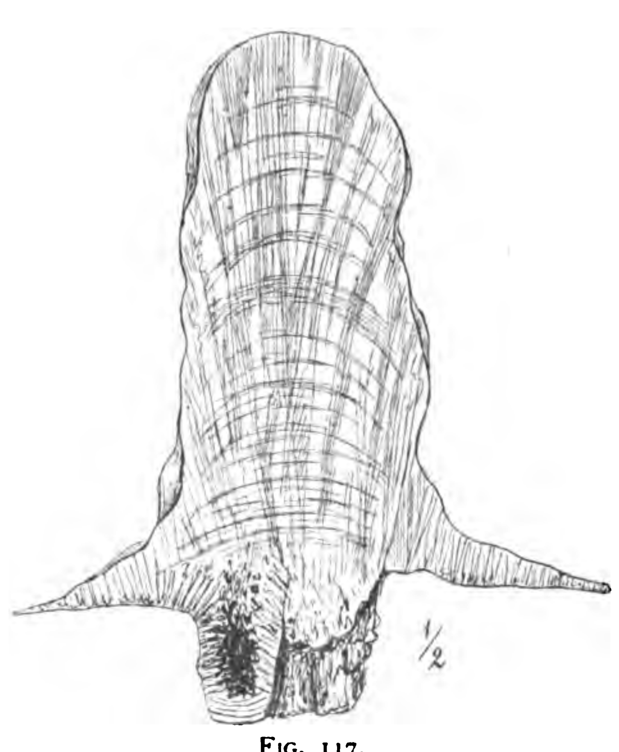


Fig. 117.

Bientôt, un mamelon se dessine sur une base large et bien fixée, en sorte que si le suintement continue, l'accroissement se fait sans encombres (fig. 116; coupe).

Toutes les pièces sectionnées montrent une cristallisation en aiguilles divergentes vers le haut. Elles ont plusieurs centimètres de longueur; les couches d'accroissement les recoupent. Sur la section figure 117, illustrant ces détails, on voit aussi, à la base, le pédoncule cylindrique initial, creux, avec ses pointements cristallins.

Suivant la hauteur de chute des gouttes, une cupule se maintient au sommet du mamelon ; la plupart des échantillons ont une terminaison hémisphérique, un peu aplatie.

Sectionnons encore quelques-unes de ces stalagmites, pour lire, sur les coupes verticales, les accidents survenus au cours de leur développement.

En voici une qui a les apparences d'une actinie (fig. 118). La coupe met en évidence, à la base, le concrétionnement scoriacé, avec inclusions d'argile, sur lequel s'est élevé un mamelon plat. A droite et à gauche, deux boules argileuses, deux cailloux incomplètement décomposés, n'ont pu être franchis par le ruisselle-

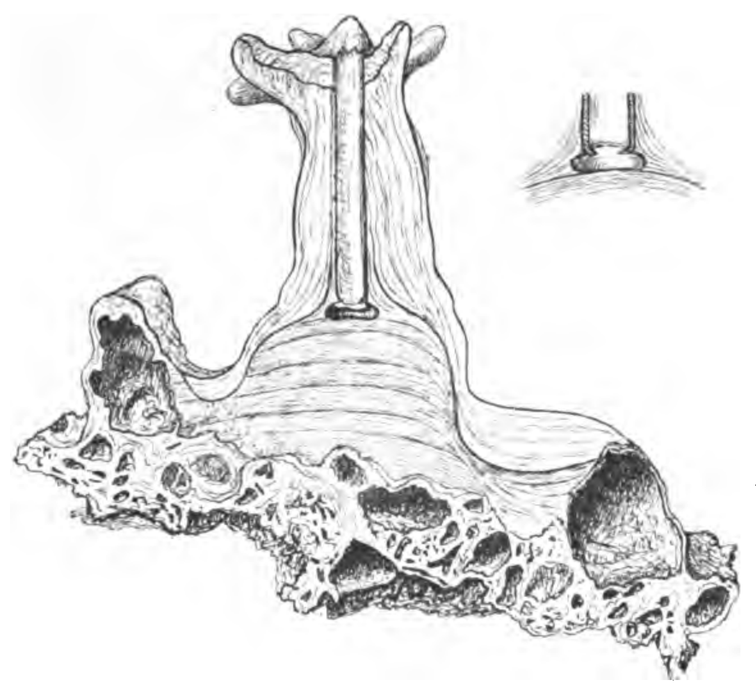


Fig. 118.

ment; les strates, appartenant à cette période, s'y arrêtent. Le tube qui alimentait la stalagmite commençante a fini par arriver très près de son sommet, mais sans le toucher, la circulation du liquide et surtout la différence de structure cristalline ayant empêché la jonction des deux pièces (coupe agrandie fig. 118). Un vide s'est maintenu entre elles; sa largeur est plus grande que l'ouverture du tube.

Le ruissellement extérieur amena la soudure par l'intermédiaire d'une couronne de bourgeons (une douzaine), appartenant au tube. Puis, un mouvement brisa le tube à la hauteur de cette couronne plus résistante. Enfin, une pellicule de calcaire ferma le sommet du tronçon et empêcha son remplissage.

Une autre stalagmite (fig. 119), plus haute (15 centimètres), a une large base (diamètre, 11 centimètres). Le mamelon aplati, formé d'abord, n'atteignait que 3 centimètres de haut lorsqu'il fut recouvert, par une crue, d'une couche de boue gluante, adhésive, que l'eau ne sut enlever en se retirant.

Après la mise à sec, les gouttes tombant d'une faible hauteur sur son sommet plat, remirent la calcite à nu sur une surface ronde d'environ 12 millimètres de diamètre, visible dans l'intérieur de la pièce, grâce à sa transparence. En cet

endroit, les nouvelles couches cristallines purent donc faire corps avec les premières. Partout où il y a contact, on voit nettement les aiguilles de calcite du mamelon primitif se continuer dans l'ajoute nouvelle; ailleurs, le vernis argileux, qui a moins d'un millimètre d'épaisseur (en noir), n'a pas été imprégné.

Ainsi, une masse ovoïde, de 3 centimètres de hauteur, se constitua lente-

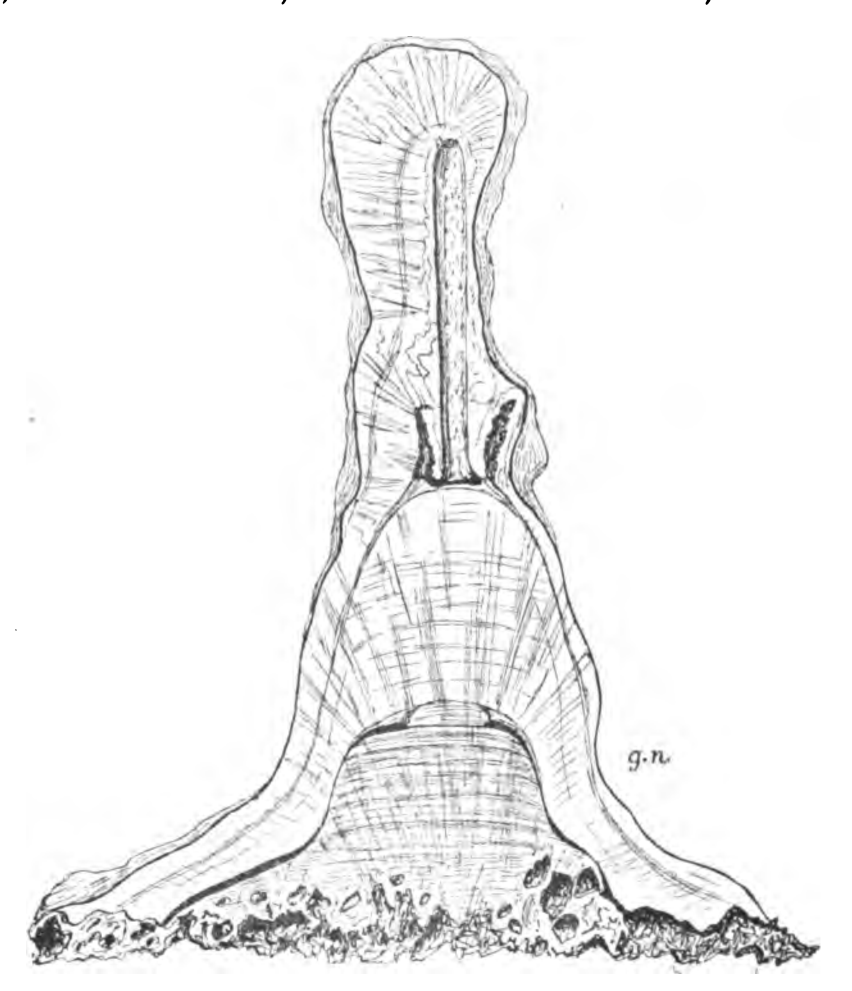


Fig. 119.

ment et elle aurait continué à croître en s'effilant, si le tube n'était venu toucher presque son sommet.

Au contact imparfait entre les deux pièces à structure cristalline si différente, il se développa, ainsi que je l'ai constaté plusieurs fois sur place, une sorte de collerette au sommet de la stalagmite et un boursoufflement au bout du tube, laissant entre eux un vide (en noir) qui ne put se combler. A quelques millimètres du contact, le tube reçut un épaississement annulaire interne, semblable à celui de la pièce précédente (fig. 118, à droite).

La soudure une fois accomplie, le tube se rompit à près de 5 centimètres au

dessus du contact, sans doute en plusieurs endroits à la fois, comme cela se produit invariablement lorsqu'on veut en détacher un, de sorte que l'orifice de stillation fut reporté plus haut. L'épaississement et l'accroissement continuèrent ensuite par couches extérieures concentriques, avec cristaux fibreux radialement orientés. Le tronçon de tube, rempli d'eau, s'étant fermé au sommet, son intérieur resta libre.

§ **40**. — L'instabilité du sol des grottes fait que beaucoup de stalagmites présentent de ces anomalies structurales; elles se révèlent extérieurement par des coudes et des bosses. Le plancher stalagmitique n'est d'ordinaire qu'un revêtement étendu sur de la boue et des éboulis. Que l'argile soit entraînée, que l'éboulis se décompose et se tasse, le jeu du plancher en est la conséquence : les colonnes qui semblaient supporter la voûte, largement scellées par la base et par le sommet, se rompent par traction. Celle-ci est rendue évidente par l'espace créé entre les tronçons, qui se déplacent quelquefois ensuite par des glissements latéraux.

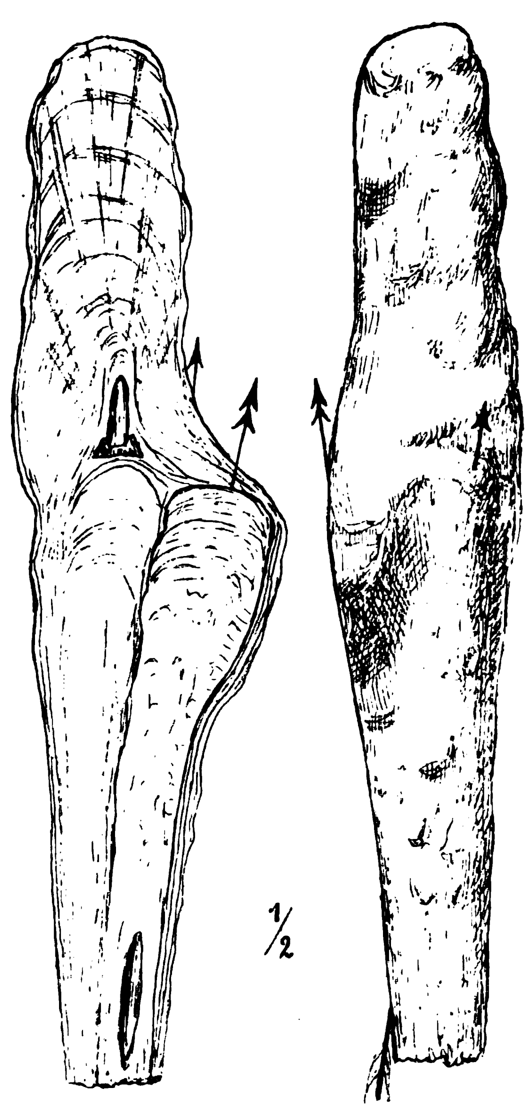


Fig. 120.

Toutes les grottes offrent des exemples de ces accidents locaux, que l'on attribue communément à des mouvements considérables du sol, à des actions sismiques.

Le hasard amène parfois une stalagmite, qui s'est inclinée avec son support, sous une autre gouttière du plafond ; une ajoute verticale se greffe sur la colonnette penchée et fait avec elle un angle ouvert. On en voit un spécimen de grande taille à Han.

La coupe de la pièce (fig. 120) servira à illustrer ce qui précède. Les gibbosités qui la déforment proviennent :

1° D'un tube, point de départ de la stalagmite, indiqué par une simple flèche sur les croquis. Il n'est pas obstrué et peut être sondé, avec un fil métallique, jusque près de la surface extérieure, vers le haut; la coupe l'entame obliquement à la base de l'échantillon. Celui-ci était vertical au début, mais en se penchant, il a produit la rupture du tube, ainsi que le déplacement du point frappé par les gouttes.

2° D'un deuxième empâtement, plein, bien accusé par sa couleur plus foncée; il est marqué par une flèche à deux fers. Enfin, la stalagmite s'inclina une deuxième fois, provoquant le dépôt :

3° D'une troisième ajoute, alimentée, cette fois, par un tube dont un débris inclus est actuellement presque vertical. Il présente la soudure incomplète déjà décrite (fig. 118 et 119) et n'est peut-être que l'extrémité du premier tube régénéré, mais brisé à nouveau pendant l'accumulation de ce troisième dépôt, dont les couches serrées recouvrent l'ensemble de l'échantillon.

Les stalagmites, ayant pour support de grosses pierres appelées à se caler par à-coups pour suivre les réarrangements de l'éboulis sur lequel elles reposent, sont soumises à de semblables oscillations.

Le visiteur isolé dans une grotte où le travail de dissolution se poursuit encore, démêle bientôt, au milieu des coups mats produits par la chute des gouttes, des craquements secs, des chocs précis, qui l'avertissent du jeu incessant de toutes les pièces dont se compose le décor, immuable en apparence, des cavités souterraines.

§ **41**. — L'eau qui mouille le sol des cavernes, celle qui imprègne l'argile, est encore active; elle agglutine les débris de toute espèce qu'elle vient à mouiller. Plus d'un beau fragment, qu'on croirait déposé par une main prévoyante sur le rebord d'une saillie du plancher, s'y trouve définitivement scellé. Les débris de tubes appuyés contre les stalagmites, les pierres détachées de la voûte, ne tardent pas à faire corps avec le pavement du souterrain, tout en contribuant à tracer de nouvelles routes au ruissellement et à varier le travail de l'incrustation.

Décrire ces curiosités, serait sortir de mon sujet. Pourtant, je dois m'arrêter aux produits cristallisés, véritables efflorescences du sol, que l'on trouve, avec une abondance variable, dans plusieurs de nos grottes.

§ **42**. Concrétions diverses sur le sol. — Les descriptions courantes n'en parlent pas, tant ces excroissances sont insignifiantes d'ordinaire.

Leur diversité est la conséquence de la composition différente des solutions qui suintent dans le sous-sol; en passant sur des roches hétérogènes, en filtrant par des fissures dont le remplissage varie d'un point à un autre, leur nature se modifie constamment. Déjà la coloration particulière de stalactites et de stalagmites isolées attire l'attention sur ce fait; certaines sont noires et d'autres rouges. Tel groupe de tubes se distingue par sa transparence presque parfaite, alors que, non loin, on ne voit que des fils laiteux et jaunâtres.

Il circule même, dans les grottes, des liquides possédant une action dissolvante, comme en témoignent ces tubes dont il ne reste que des lambeaux troués, qu'un souffle éparpille. C'est une cause de rupture à ajouter à celles qui sont énumérées dans un paragraphe antérieur (§ 15).

Les fragments de tubes qui gisent à terre, sur l'argile, sont ternes, dépolis sur la

cassure *p*, dont le bord est parfois arrondi, comme fondu. La surface du tube a, au contraire, un poli gras, qui devient parfait au voisinage d'une sorte de côte spiralée, striée, une grande face courbe (fig. 121).

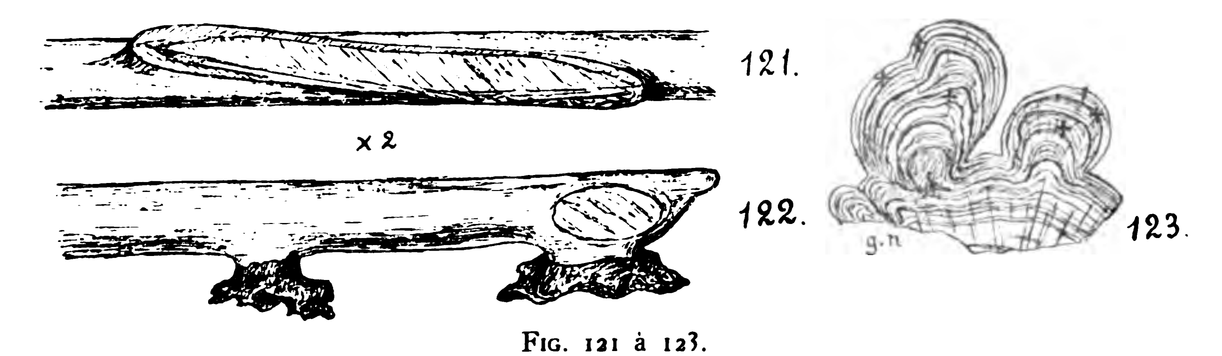


FIG. 121 à 123.

Certains se collent à l'argile, aux points où ils la touchent, par de petites ventouses faites de calcite chargée de limon (fig. 122).

Sur l'argile, on recueille encore d₋s concrétions globuleuses, rappelant des amas de noisettes, dont on reconnaît en coupe (fig. 123) la structure fibreuse et les couches concentriques plus ou moins colorées par du limon et des sels de fer. Je n'en eusse pas figuré la coupe, si elle ne donnait lieu à une remarque sur la disposition réelle des fibres qu'on y voit. A la base de l'échantillon, les individus élémentaires sont sectionnés en long; mais dans les couches supérieures, il y en a beaucoup qui sont coupés normalement à l'axe. Quelques-unes de ces parties sont désignées par de petites croix, sur le dessin.

§ **43**. — Les concrétions les plus remarquables prennent naissance sur les menus débris cristallins, que la chute des tubes éparpille sur le sol. Chacun de ceux qui tombent dans un endroit favorable, amorce une masse boursoufflée, tourmentée, qu'on peut comparer, comme aspect, à une scorie et, comme matière, à de l'ivoire (fig. 124).

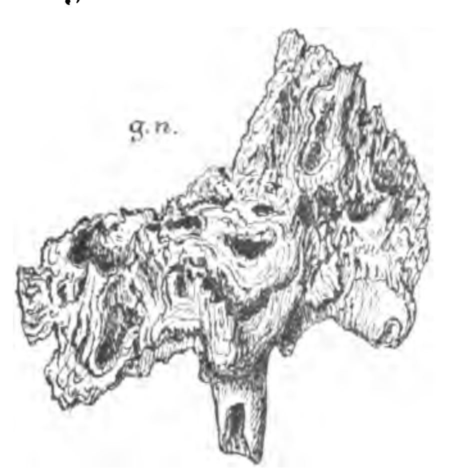


FIG. 124.

Ces échantillons, dont les dimensions n'excèdent guère 5 à 6 centimètres, sont parfois bosselés et lisses sur la face inférieure, tandis que le dessus est ourlé et fouillé comme une oreille compliquée: d'autres font penser à une fleur aux pétales chiffonnés. La plupart ont cependant des détails structuraux rappelant, à l'observateur, l'action des sels grimpants. Ce sont, d'abord, de minuscules cloisonnements verticaux, délimitant des tubulures d'une fraction de millimètre, qui permettent la circulation de l'eau incrustante;

ensuite, des becs d'écoulement, des cuillers si l'on veut, par lesquels se déverse l'excès du liquide, ou encore des pochettes dans lesquelles il séjourne.

Ces particularités sont visibles sur l'échantillon fig. 125, qui possède trois de ces petites vasques, dont chacune est munie intérieurement de divisions secondaires. Celle de droite est fort saillante; celle du milieu est très profonde et bien développée, tandis que sa voisine (à gauche), qui est massive, n'a qu'un rebord insignifiant.

Le dessin a été pris sous un éclairage heurté, afin de ne mettre que les principaux reliefs en évidence; il n'a pas la prétention de rendre la demi-transparence de l'objet, ni ses menus plissements, dont la délicatesse égale celle des dentelles d'une figurine de Saxe.



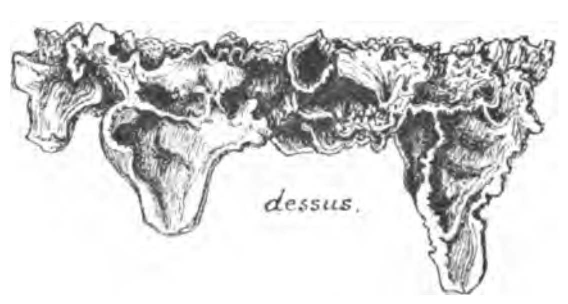


FIG. 125.

L'orientation verticale des petits tubes, visible de face, indique la position de gisement; l'un d'entre eux (en haut à droite) s'évase en une corolle au bord contourné.



FIG. 126.

J'ai trouvé ce fragile objet dans la grotte d'Engihoul, sur le sol, adossé contre une pierre; à l'égal de beaucoup de ces concrétions, il était sans soudure à la roche. Son analogie avec l'échantillon précédent (fig. 124) et même avec le petit godet de la figure 115, est évidente.

Ces productions se rattachent aussi aux cristallisations grimpantes qui se développent à l'extrémité des tubes brisés encore attachés aux voûtes (§ 5). Toutes sont constituées de calcite fibreuse, couverte de pointements microscopiques.

L'échantillon représenté figure 126, est également à classer parmi les efflorescences greffées à l'extrémité d'un tube brisé; le fragment s'était fiché dans l'argile et soudé aux feuillets stalagmitiques intercalés entre ses strates.

Le tube est épaissi extérieurement. Sa lumière est libre jusque près du sommet, où s'ouvrent deux becs symétriquement placés. Ces cavités étant bouchées par de petits rhomboèdres, l'accroissement ne pouvait se faire que par imbibition.

§ **44.** — Des excroissances du même genre se trouvent aussi fixées directement

aux parois rocheuses, auxquelles elles n'adhèrent que faiblement; elles rentrent alors dans la catégorie des ornements stalactitiques.

Ce sont de petites consoles massives, mais à bords finement ourlés et dentelés de cristaux microscopiques, superposées à deux ou à trois, légèrement soudées les unes aux autres, avec tendance marquée à se séparer. Leurs surfaces contournées paraissent se toucher en plusieurs points et pourtant une bandelette de papier, que

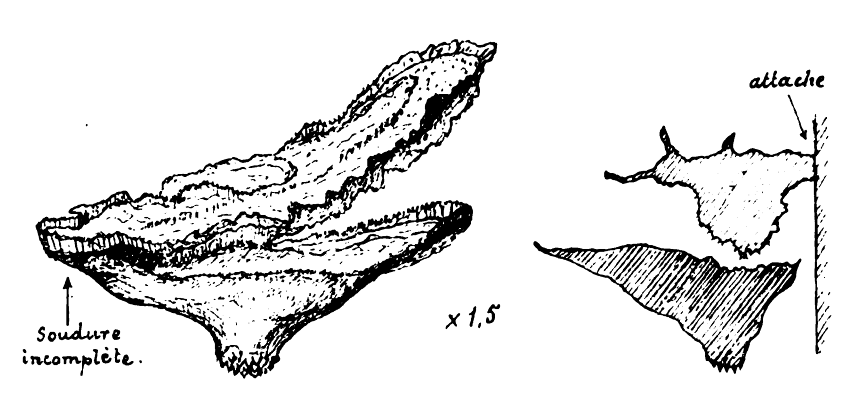


FIG. 127.

l'on glisse entre elles, établit l'absence de contact. Le dessous de la pièce inférieure est lisse et possède une saillie marquée à l'endroit où se forment les gouttes; des rugosités cristallines s'y trouvent (fig. 127; avec coupe médiane, à droite).

Les parties plus creuses contiennent des rhomboèdres atteignant rarement un millimètre, chacun disputant la place et la matière cristallisable à ses voisins, au lieu de contribuer avec eux à l'édification d'un seul individu, ainsi que cela se produit pour la majorité des cristallisations décrites.

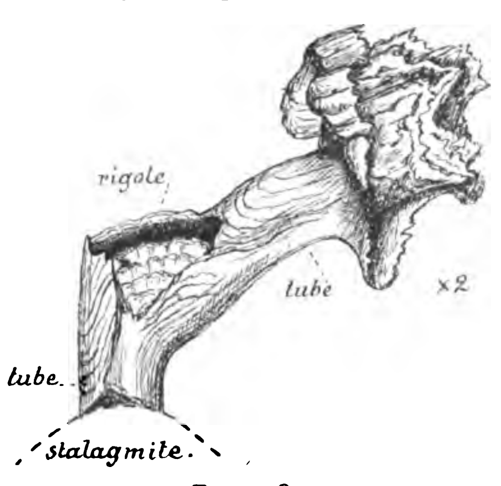


FIG. 128.

§ **45** — De la même nature encore sont les fragiles ajoutes qui terminent certaines stalagmites, relativement grandes.

Au sommet de l'une d'elles, haute de 40 à 50 centimètres, j'ai détaché le pompon réprésenté au double, figure 128, sous un éclairage heurté.

La partie verticale, tubulaire, très mince, composée de plusieurs pièces, est close par une membrane horizontale formant le fond d'une petite rigole inclinée; celle-ci est couverte, un peu plus loin (à droite), par une lame bombée, avec stries d'accroissement. L'extrémité est fermée par des colerettes, dont l'inférieure forme bec. Cette excroissance était alimentée par un tube brisé et partiellement obstrué par une formation analogue.

Son axe ne correspondait plus à celui de la stalagmite, celle-ci s'étant légèrement penchée.

La connexion entre un tube et la stalagmite qui se trouve en dessous (fig. 129*a*) ne peut durer que dans les parties les plus stables d'une grotte. Au moindre mouvement, le tube se brise; ses deux extrémités sont alors le siège de la cristallisation troublée plusieurs fois décrite (§§ 5 et 39). Dans le cas de l'échantillon figure 129*b*, il s'agit d'un tube épaissi, soudé au sol; après la rupture, l'épaississement s'est continué excentriquement et l'excroissance scoriacée s'est surtout développée au sommet du cône ainsi formé, en lui donnant les apparences d'une carotte surmontée d'une touffe de petites feuilles.

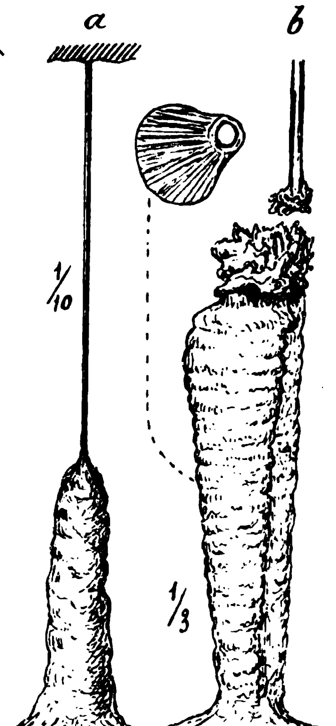


Fig. 129.

En admettant que les deux pièces se soudent à nouveau et que le ruissellement extérieur consolide définitivement le joint, la stalactite conservera, par des vides internes et un reste de tube, des traces de l'efflorescence scoriacée (fig. 119).

§ **46**. Dépôt cristallin incohérent. — Dans ces vastes cristallisoirs que sont les grottes, les caprices de la capillarité, le hasard des éclaboussures, les variations dans les suintements amènent les combinaisons les plus imprévues, les plus étranges.

Une pierre est à peine tombée sur le sol, qu'elle se recouvre d'un vernis mat sur lequel s'élève, par places, une moisissure cristalline, sous laquelle certains explorateurs ont même supposé une moisissure réelle, tant son aspect est trompeur. Ce sont des concrétions vermiculées, fibreuses (parfois de l'aragonite), n'ayant pas l'intérêt de celles dont il va être question.

Entre les grosses pierres des éboulis, les pas grincent sur un sable grossier blanc, qui est probablement analogue à la *Bergmilch* ou *Montmilch* (et non *Mondmilch*), le « lait des montagnes » des minéralogistes allemands, désignation que de Lapparent traduit par « dépôt calcaire de caverne ». (*Minéralogie,* 2me édit.)

Ce corps, analysé par Rose, paraît être, dit Zirkel dans ses *Elemente der Mineralogie,* un mélange cryptocristallin d'aragonite et de calcite crayeuse, avec un peu de matière organique. Dans un autre écrit, l'éminent pétrographe rappelle qu'Ehrenberg a trouvé le dépôt calcaire de Bar (France) constitué de microscopiques bâtonnets articulés, droits, tandis que celui de la célèbre Baumannshöhle (caverne du Hartz) se composait de bâtonnets articulés et spiralés. Les articles isolés, globuleux, avaient 0.0006 à 0.0015 millimètre.

Relativement à l'origine de cette matière, Tschermak rappelle qu'elle se forme dans les cavernes et les fissures du calcaire « grâce à une rapide diffusion de

l'acide carbonique » et que, sous le microscope, elle se montre constituée de rhomboèdres *p*, isolés et réunis en bâtonnets. (*Lehrb. der Min.*, 2me édit.)

Les éléments du dépôt de la caverne d'Engihoul, dont il s'agit particulièrement

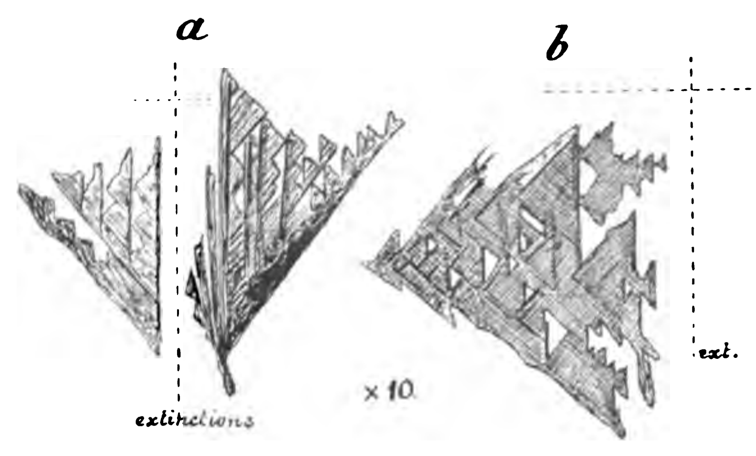


Fig. 130.

ici, sont loin d'être aussi fins que ceux dont parle Ehrenberg; un faible grossissement suffit à reconnaître leur structure. Ce sont des paillettes, des grumeaux coralloïdes, des grains scoriacés constituant une sorte de givre, parfois d'un blanc pur, dont on peut extraire les différents cristallites de carbonate de calcium qui vont être décrits et figurés.

La plupart des paillettes sont opaques, laiteuses, blanc de porcelaine; d'autres sont transparentes à des degrés divers. Certaines s'éclaircissent dans la térébenthine et perdent leur opalescence, due peut-être à des inclusions gazeuses. Leur contour est triangulaire, avec un angle voisin de 90°; les extinctions se font parallèlement et perpendiculairement à l'hypothénuse. Une d'elles correspond à l'axe principal *cc*, et il est facile d'établir optiquement que c'est la première; les paillettes sont donc à orienter conformément au dessin figure 130.

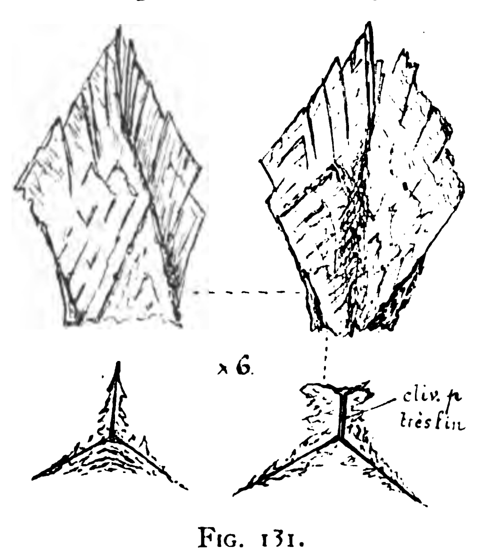


Fig. 131.

Beaucoup de ces pellicules sont plates, avec une fine structure réticulée (fig. 130*b*); il y en a de presque pleines, plus cristallines, avec de petites lamelles disposées comme les lattes d'une persienne, comme les plumes d'une aile.

Deux de ces éléments s'accolent volontiers sous un angle de 120° environ. Lorsque, sur l'arête formée par leur réunion, se développe une troisième paillette, les trois plans de symétrie du système rhomboédrique sont amorcés, et l'ajoute de

lames nouvelles, dans les trois espaces, y fait naître des faces imparfaites, plus ou moins concaves (fig. 131).

Dans un stade suivant, un rhomboèdre incomplet se constitue; il appartient toujours à e^1, le clivage se faisant parallèlement aux arêtes culminantes. Mais ce n'est qu'une ébauche de cristal, car il n'y a qu'un des pointements qui s'achève. L'autre est remplacé, dans tous ces petits solides, quelle que soit leur grandeur (jusque 5 millimètres), par un plan qui n'est jamais perpendiculaire à l'axe et n'a pas d'inclinaison constante. Cette troncature, légèrement concave, a, au centre, une cicatrice ou un pédoncule. Les dessins (fig. 132 et 134) en représentent quelques-uns, choisis parmi les plus réguliers.

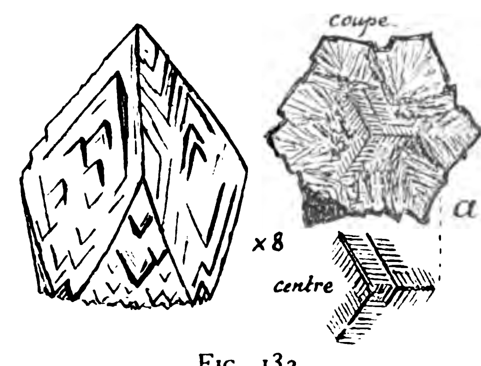


Fig. 132.

Les coupes normales à l'axe (fig. 132*a*), que j'ai taillées dans ces rhomboïdes, ont mis en évidence, au centre, la disposition à 120° des lamelles dendritiques de première formation, dont les pennes supportent des grossissements considérables, tant elles sont ténues. La partie périphérique est plutôt fibreuse. Les faces sont courbes. La figure d'axe est régulière, quoique voilée; toutefois, elle se décentre vers la périphérie des coupes.

Parmi les formes fréquemment rencontrées, est la suivante, qui se rattache aux éléments moins nettement cristallisés encore, que contient le givre calcaire. C'est un pointement rhomboédrique, avec base plus ou moins oblique, avec ou sans pédoncule, surmonté d'une sorte de petite mitre, ornée d'épines, dont les trois crêtes correspondent aux trois faces du cristallite inférieur (fig. 133). Ces groupements sont loin d'être toujours aussi réguliers que le spécimen figuré; les déformations auxquelles ils sont sujets leur donnent des apparences très curieuses.



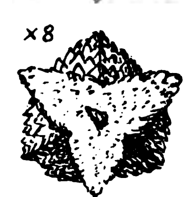


Fig. 133.

Dans les endroits salis par les eaux limoneuses le dépôt qui nous occupe est moins blanc; on y retrouve des parcelles jaunâtres, plates, opaques, à bord dentelé, les unes pleines, les autres annulaires (fig. 135*i*), ainsi que des agglomérations de ces éléments, auxquels sont joints des rhomboïdes qui, bien qu'ils soient analogues aux précédents, méritent un court examen. Je choisis, de nouveau, les plus réguliers.

On y retrouve le pointement e^1, ainsi que la large face qui coupe le solide plus ou moins parallèlement à une des arêtes culminantes (fig 134*a*). Comme c'est de préférence suivant ce plan que le cristallite se place sur le porte-objet, il ressemble à un toit minuscule, dont le faîte serait précisément une des arêtes culminantes (fig. 134*d*).

Le clivage se fait suivant ces dernières et crée un plan qui montre une certaine fibrosité sous un éclairage approprié (fig. 134*c*).

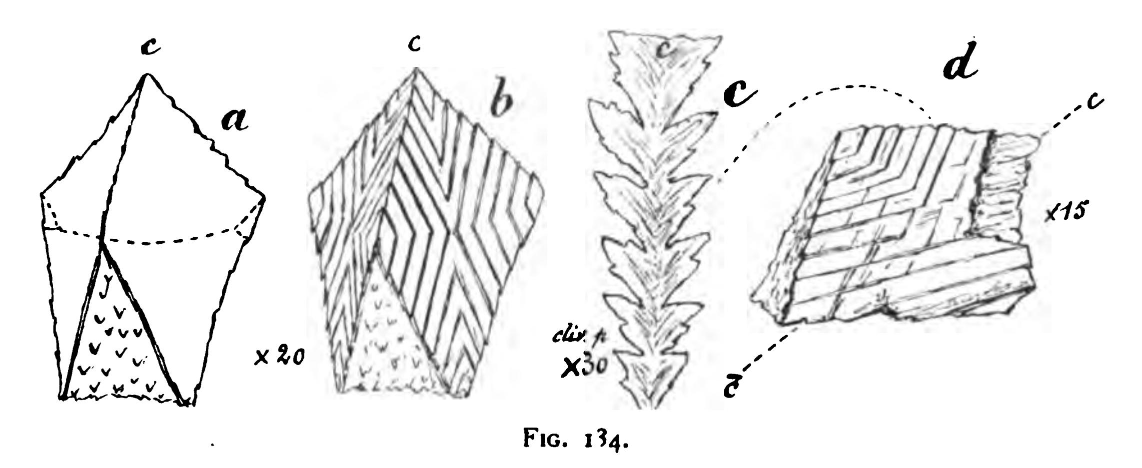


Fig. 134.

§ **47**. — D'autres éléments de ce dépôt sont bientôt remarqués, lorsqu'on l'éparpille sur un papier noir, pour le trier à la loupe.

Le plus simple est un secteur de sphère, à surface un peu rugueuse, avec une cicatrice au milieu de l'arête ou un pédoncule (rarement 3 à 4 millimètres). En réalité, c'est déjà une association de deux parties sphériques plus petites, marquée par un joint, ainsi que par le double bombement de la surface arrondie et par la légère inclinaison des parties planes les unes sur les autres (fig. 135*a*).

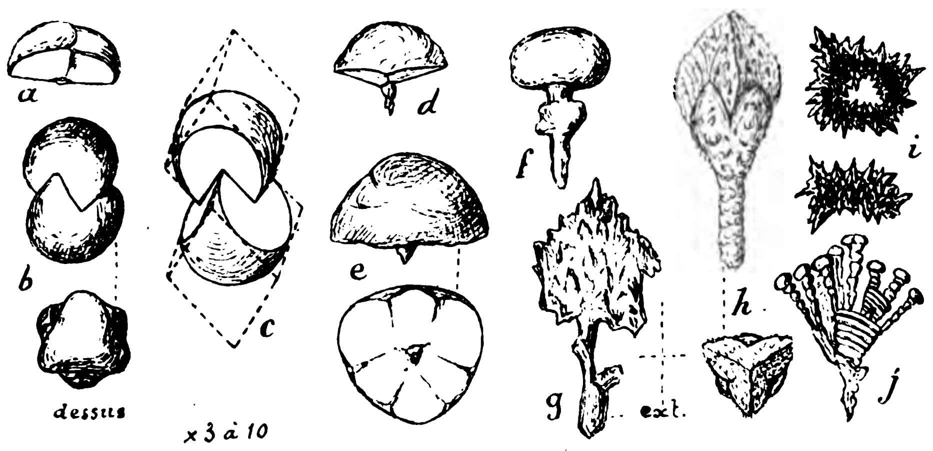


Fig. 135.

L'élément fondamental serait, par conséquent, une sorte de pyramide trigonale à base courbe. On trouve, en effet, des globules ayant cette apparence et tous les passages vers des espèces de clous très petits, à pédoncule de longueur variable. Souvent le plan de la demi-sphère, formant la tête de ces clous, est un triangle curviligne, plutôt qu'un cercle. D'autres fois, la symétrie trigonale se marque sur ce

plan par le miroitement particulier de trois secteurs, qui aboutissent à de légères indentations (fig. 135 *d*, *e*, *f*, ; diamètre, 4 millimètres).

La coupe mince, parallèle au plan d'une tête de clou, et passant par le milieu, possède un vide central; la structure est fibro-rayonnante. Près du centre, les fibres, coupées normalement, donnent la figure monoaxe, négative, de la calcite.

Quant aux petites pyramides simples, déjà mentionnées, elles s'assemblent volontiers à deux, pour constituer une sorte de mâcle (fig. 135*b*). Si l'on considère chaque partie du couple comme un rhomboèdre moitié pointement, moitié sphère, on peut dire que l'ensemble est une pénétration partielle, suivant l'axe principal, de deux individus e^1, parallèlement orientés (fig. 135*c*).

Celles de ces associations qui sont pédonculées, nous ramènent à des formes telles que celles des figures 133 et 135*h*. Quelquefois, on trouve des chapelets de cinq ou six de ces couples; les plus réguliers sont isolés. Les très petits cristallites en forme de clou, se réunissent à plusieurs autour d'un centre, pour former des touffes, des portions de sphère, rappelant les rabdosphères des boues marines (fig. 135*j*). Ils montrent aussi une tendance à se grouper en un seul glomérule, mamelonné comme un chou-fleur. Enfin, leur relation avec les pellicules triangulaires, constituant les rhomboïdes, décrites au début du § 46, se trouve indiquée par l'association de ces deux espèces d'éléments. Le bord des lamelles triangulaires, qui correspond à une arête culminante de e^1 (fig. 130*a*, bord supérieur), porte alors un petit clou à chaque indentation.

§ **48.** — Le mode de formation de ce dépôt ne pourra être élucidé que par de nouvelles observations. On sait que les cristallites sont des mélanges moléculaires de corps différents; qu'ils naissent dans des solutions épaissies par des matières colloïdes; qu'ils sont le produit d'une cristallisation troublée.

La première de ces conditions est certainement réalisée, dans les grottes, par les crues amenant des impuretés diverses en contact avec les dépôts formés sur le sol; pourtant, la blancheur de certaines parties du givre calcaire d'Engihoul cadre mal avec semblable origine. De plus, le carbonate de calcium, qui se précipite dans les grottes, est toujours cohérent; seules les efflorescences du sol font exception et constituent des éléments isolés, libres.

C'est probablement à une formation de ce genre qu'il faut rattacher le dépôt de cristallites, plutôt qu'à un produit développé en plein liquide; il est probable que ses éléments n'y resteraient pas longtemps séparés. En fait, j'ai trouvé des cristallites empâtés sous une croûte luisante, cristalline, jaunâtre, caverneuse, aux endroits mouillés par les suintements.

Les parties moins pures du dépôt, sont composées d'éléments analogues aux petites concrétions vermiculées, faites de sphérules associées, de grossières paillettes, végétant isolément sur les pierres qui ne sont qu'éclaboussées par les gouttes tombant du plafond. Il y a peut-être là une indication sur leur origine.

§ **49**. Les gours et les bassins de cristallisation. — Ces vasques, de dimension considérable parfois, sont lentement édifiées par le ruissellement séculaire, ainsi que M. Martel le dit en termes excellents, dans le passage suivant, relatif aux « gours » de la Balme :

« La moindre saillie du sol primitif, arête rocheuse, relèvement du rebord d'une pente argileuse, bourrelet de sable ou cordon de cailloux suffit à l'origine pour provoquer en arrière de l'obstacle une retenue d'eau ; si faible que soit cette retenue, si légère que soit la saillie, il en résulte que, s'il y a des intermittences dans l'écoulement, le phénomène suivant se manifestera immanquablement au moment où le liquide cessera d'affluer : le carbonate de chaux, dont l'eau des grottes calcaires est sursaturé, commencera à se précipiter sur le relief, même à peine sensible, de l'obstacle; la couche d'eau, extrêmement mince, qui s'arrêtera sur la surface du bourrelet, sera bien vite *saisie*, pour ainsi dire, par l'évaporation... A la prochaine crue ou venue d'eau, celle-ci déposera une deuxième pellicule aussi fine, mais les siècles, répétant la manœuvre à l'infini, élèveront peu à peu ces étonnants barrages ou cuvettes qui se reforment, en définitive, de la même manière que les simples stalactites et stalagmites... Leur forme sera serpentine, en plan, selon les caprices de l'obstacle qui en aura formé la base originaire et à angle diédre en profil, parce que l'eau en s'évaporant redescendra de part et d'autre de la crête. »

La coupe transversale radiale du rebord d'un petit gour plat, de la grotte d'Engihoul, ayant la forme d'une assiette à soupe de soixante centimètres de diamètre environ, confirme la manière de voir du savant spéléologue. Elle est constituée d'une multitude de couches fibreuses superposées. Plusieurs vides, remplis d'argile très fine, marquent des périodes de crue.

D'autres bassins sont le siège d'une cristallisation continue. Des bords, partent des cloisons qui se propagent vers l'intérieur, pour rejoindre des bouquets de cristaux arrivés jusqu'au niveau du liquide. Ils se découpent ainsi en petits golfes et en promontoires, frangés de cristallisations rayonnantes.

La section transversale verticale d'une de ces cloisons, à peine soudée dans le fond, mérite de nous arrêter un moment, parce que nous pouvons tirer de son étude la confirmation de certaines observations faites sur les stalactites.

Cette coupe a l'aspect de la figure 136; l'ancien contour, perdu durant le sciage, est restitué par un pointillé. Les deux faces étaient couvertes de pointements rhomboédriques remontants, fondus, vers l'intérieur, en une masse très résistante. Dans cette partie, elle est constituée de trois individus, dont l'un est séparé, par une suture mal jointe, des deux autres, qui ont une extinction presque commune, mais des clivages différents.

Des zones d'accroissement brunes, en arcs sensiblement parallèles, traversent indifféremment les trois plages ; par contre, les striations dont ces arcs sont surtout formés, conservent une direction immuable, parallèle, dans chaque plage, à la direction d'extinction correspondant à l'axe principal.

Le pseudo-pléochroïsme marqué se manifeste par un maximum d'absorption

lorsque les fibres sont perpendiculaires à la section principale du nicol. Tous ces caractères sont bien ceux que nous avons reconnus dans les diverses cristallisations stalactitiques; seulement, la structure de la présente coupe est beaucoup plus grossière. Il suffit de comparer la figure 136*a* aux dessins 28*a* et 46, qui sont à peu près à la même échelle, pour s'en assurer.

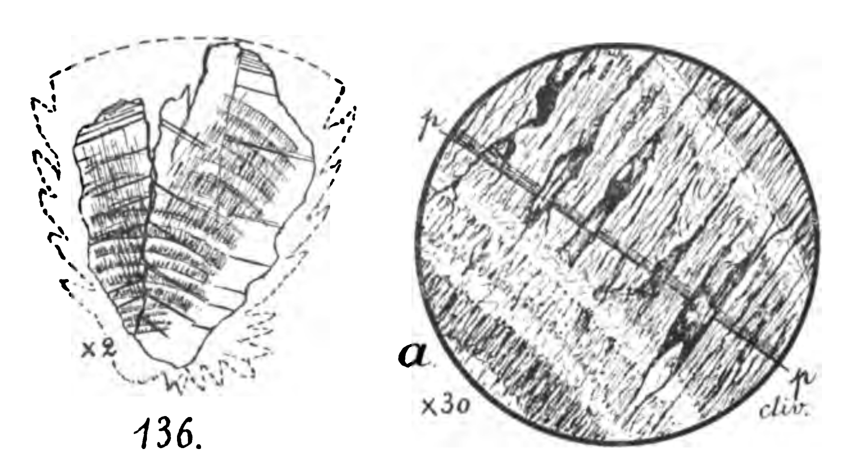


Fig. 136 et 136*a*.

Un très fort grossissement établit que les fibres de la pièce que nous examinons maintenant sont des canalicules, des joints, remplis d'impuretés brunâtres, ou encore d'un liquide avec bulle; la plupart ne paraissent contenir qu'un gaz. Les terminaisons successives des cristaux parallèles constituant cette masse sont aussi parfois soulignées par des inclusions, et l'on comprend que si ces pointements sont à peine visibles dans cette coupe à structure grossière, ils doivent échapper dans les sections des ergots, où la fibrosité est excessivement ténue.

Sous cette amplification considérable, on constate des traces d'un colorant brun clair, sépia, qui imprègne la calcite par places et contribue à augmenter le pléochroïsme constaté.

§ **50**. — Dans certains de ces bassins, les cristaux peuvent se développer normalement; il est à prévoir qu'ils représentent les exemplaires les plus parfaits de ces groupements polysynthétiques tourmentés, qui végètent dans des conditions si spéciales sur les parois des cavernes.

Leur examen sommaire sera le complément naturel des descriptions précédentes.

Les cristaux de quelques millimètres, qui bordaient le cristallisoir rencontré à Engihoul, sont groupés parallèlement sur les deux faces de la cloison dessinée figure 136. Ils appartiennent à un rhomboèdre aigu, surmonté d'un autre plus obtus. Ce dernier est e^1, d'après le clivage; l'autre est également un inverse. Les mesures prises tant au goniomètre qu'au microscope (angles plans), sont sans

signification précise, à cause de la rugosité des faces et de leur courbure. Ces tâtonnements aboutissent à :

$$e^{?} : e^{?} \text{ ar. culmin.} = 116^\circ \text{ à } 117^\circ \text{ env.}$$

Peut-être s'agit-il de $e^{7}/_{5}$, inverse de e^{3}, dont il va être question.

§ **51**. — A Tilff, M. Cosyns a découvert un bassin assez profond, bordé à différents niveaux de croûtes cristallines dont il a pu, en s'exposant à un bain désagréable, recueillir de bons échantillons.

Les tubes, qui plongeaient dans ce réservoir, étaient eux-mêmes munis de grosses masses de calcite, évasées vers le haut et toutes hérissées de cristaux analogues à ceux dont il me reste à parler (fig. 137).



Fig. 137.

Pendant que je les examinais, M. Cesàro eut l'amabilité de me faire savoir que M. Arth. Abraham, répétiteur de minéralogie à l'Université de Liége, venait de découvrir un dirhomboèdre sur des échantillons de la même provenance. De son côté, M. Abraham a bien voulu me communiquer ses observations, afin de les joindre aux miennes; je m'empresse donc de transcrire, dans ce qui suit, la note qu'il m'a remise, concernant un de ces cristaux particulièrement net.

Fig. 138.

Projection orthogonale sur la face antérieure du prisme hexagonal e^{2} (dessin de M. Abraham).

« Ce cristal est remarquable en ce qu'il présente la combinaison de deux rhomboèdres ayant même inclinaison sur l'axe ternaire vertical et sensiblement même développement. L'un d'eux, direct, a pour notation e^{3}, l'autre, inverse, a pour notation $e^{7}/_{5}$.

» A première vue, on est tenté de considérer cet ensemble dirhomboédrique comme un isoscéloèdre. Pour orienter ce cristal comme il doit l'être, il suffit de cliver son sommet comme l'indique la figure 138, de façon à obtenir une face p. L'arête d'intersection de cette face avec le rhomboèdre e^{3} est horizontale, ce qui vérifie l'orientation.

» Les faces du rhomboèdre direct e^3 sont bien miroitantes et bien planes et permettent des mesures d'angles précises.

» Quant aux faces du rhomboèdre inverse $e^{7/5}$, elles sont ternes et légèrement incurvées à leur partie supérieure, ce qui rend la mesure des angles difficile.

» Ce dirhomboèdre est modifié par les faces peu développées du prisme hexagonal d^1 donnant des images peu nettes.

» *Rhomboèdre direct* e^3. — Angles qui ont servi à déterminer sa notation :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
I.	pe^3 adj.	31°10′	31° 6′
	e^3e^3 ar. culmin.	114°10′	114°23′
	e^3e^3 sur d^1	65°50′	65°47′

» *Prisme hexagonal inverse* d^1. — Angles qui ont servi à déterminer sa notation :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
II.	d^1e^3 sup. adj.	32°55′	32°45′
	d^1e^3 inf. adj.	32°55′	33° 6′
	d^1d^1 adj.	60°	59°42′

» *Rhomboèdre inverse* $e^{7/5}$. — Cette notation a été déterminée par la mesure des angles suivants :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
III.	$e^3e^{7/5}$ adj. (sur e^2)	28°25′	28° 8′
	$e^{7/5}e^{7/5}$ (sur d^1)	65°50′	66°
	$e^{7/5}d^1$ adj.	32°55′	33°

» *Remarques :* 1° Les faces d^1 sont à l'intersection des deux zones e^3e^3 et $e^{7/5}e^{7/5}$.

» 2° Les deux rhomboèdres e^3 et $e^{7/5}$ sont également inclinés sur l'axe ternaire, comme le prouvent les angles suivants :

	Angles.	Donnés par Des Cloizeaux.	Mesurés.
IV.	e^2e^3 adj.	14°13′	14°17′ (*)
	$e^2e^{7/5}$ adj.	14°13′	13°55′ (*)

» Les valeurs marquées d'un astérisque dans ce dernier tableau n'ont pas été mesurées directement, mais tirées respectivement des tableaux I (pe^3) et III ($e^3e^{7/5}$ sur e^2). »

§ **52**. — Les cristaux que j'ai examinés de mon côté, appartiennent à divers types. Le plus fréquemment, la zone prismatique est bien développée; trois faces de e^2 dominent et règnent même exclusivement. Elles sont défoncées et striées suivant les arêtes de combinaison avec les e^8 correspondants. Les faces de e^3 sont brillantes, mais inégales, au pointement libre; tandis que celles de l'attache sont très planes. La terminaison présente une troncature courbe sur les arêtes e^3, qui n'est pas mesurable ($e^{7}/_{8}$?). D'ordinaire, elle s'étend jusqu'au sommet, parallèlement à l'arête, et constitue alors e^1 (fig. 139*a*). En effet, les mesures donnent :

1ᵉʳ cristal : $e^3 : e^1 = 57°4'$ (moyenne de onze mesures).

2ᵉ cristal : $e^3 : e^1 = 57°13'$ (moyenne de six mesures).

Calc. 57°5'.

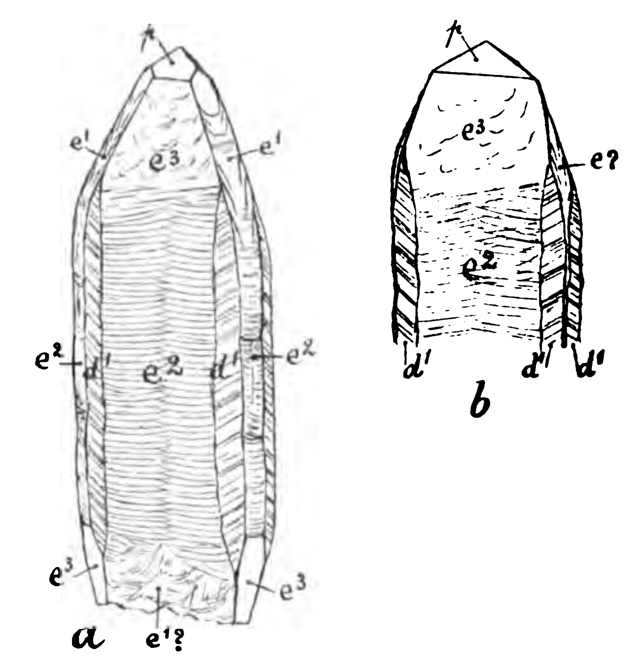


Fig. 139.

Fréquent aussi est le pointement p, très développé sur certains individus (même plus que sur fig. 139*b*) et d'une pureté telle, que le résultat de la mesure est identique à la valeur calculée :

$$p : p = 74°55'$$

Les faces d^1, du deutéroprisme, sont parfois assez lisses; lorsqu'elles apparaissent nettement, elles effacent presque trois des faces étroites et courbes du protoprisme e^2. Elles ont des inégalités diverses et présentent volontiers la striation habituelle, parallèle aux arêtes en zigzag de p. Les mesures sont néanmoins suffisamment précises; on a par exemple :

$d^1 : d^1 = 59°49'$ calc. 60°.

$e^2\ d^1 : = 30°$ env. calc. 30°.

Ces cristaux reproduisent, par conséquent, la combinaison des mêmes formes que chez les stalactites (déjà représentée fig. 1, en bas, à droite), moins tourmentée, mais imparfaite encore, par suite des lentes fluctuations du niveau de l'eau des cristallisoirs et des variations dans la nature du liquide qu'ils reçoivent.

La première cause détermine des arrêts et des reprises de la cristallisation, mar-

qués sur bien des cristaux par la présence d'un deuxième individu, greffé sur ceux de première formation; beaucoup s'évasent en trémies.

Ce sont encore des bâtonnets triangulaires, de quelques millimètres de longueur, à terminaisons répétées, courbes, aux arêtes desquels on retrouve e^1 inférieur, méconnaissable presque, ainsi que e^3 et p supérieurs, mesurables (fig. 140).

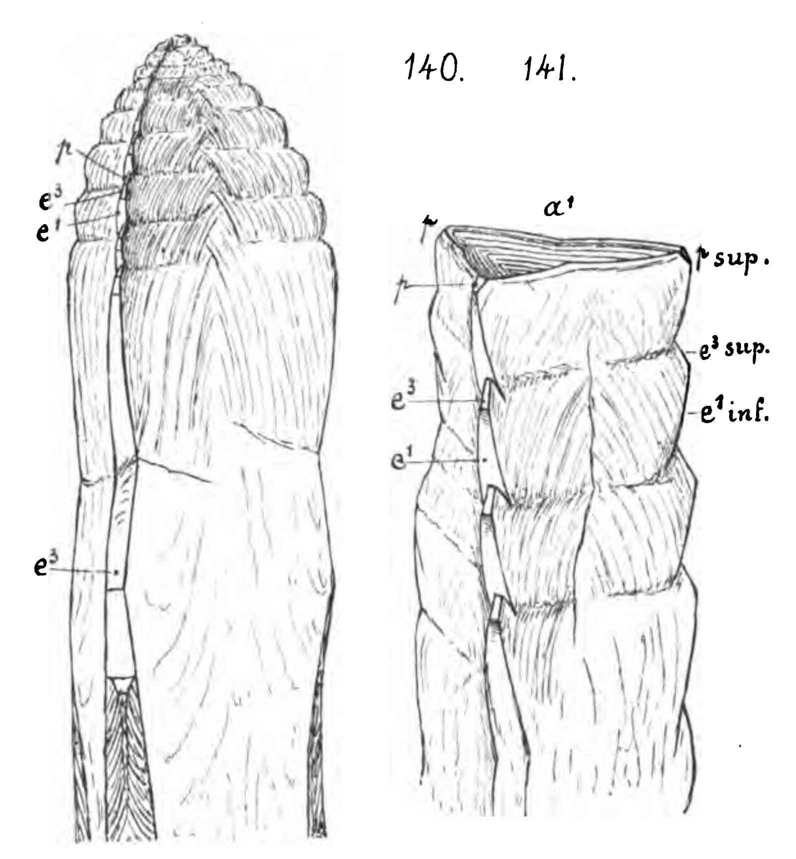


FIG. 140 et 141.

Lorsque la troncature terminale a^1 apparaît, elle constitue une trémie de profondeur variable (fig. 141).

Parmi les types évasés en pyramides triangulaires creuses, on en rencontre qui sont à rapporter à une moitié inférieure de e^1 (fig. 142). Elles sont bordées, à la partie supérieure, d'une fine lame p et remplies de pointements microscopiques également p supérieur, puisqu'ils miroitent à l'unisson avec le clivage.

Le prisme e^2 est plus ou moins indiqué, tandis que e^3 inférieur a des faces répétées, qu'on reconnait à leur angle de 31° environ avec le clivage p. Les trois faces les plus développées sont indéterminables, tant elles sont bosselées; par comparaison, je les note e^1 inférieur, avec doute.

Dans une revision des échantillons, j'ai trouvé des petits tronçons de tubes, de quelques centimètres de longueur, dont le bord était garni des mêmes pointements

dendritiques p, donnant également, à la mesure, la valeur exacte de l'angle culminant du primitif.

Les calices, ayant aussi la forme de pyramides triangulaires, mais chez lesquels les plans de clivage p inférieur correspondent aux grandes faces, sont assimilables à une moitié inférieure de e^3. Ils sont constitués d'une foule de sous-individus (e^1?), orientés presque parallèlement, dont beaucoup sont terminés par des facettes e^3, parfois assez grandes (fig. 143). Le bord supérieur est finement dentelé de pointements p brillants; certains exemplaires ont des traces de prisme e^2. Quant à l'évidement central, il constitue un cristallisoir en miniature, au fond duquel se dressent des bâtonnets triangulaires isolés, parallèlement orientés, terminés par e^1 supérieur assez net, avec troncature p brillante (fig. 143; l'intérieur, vu de dessus, est figuré d'après un autre cristal).

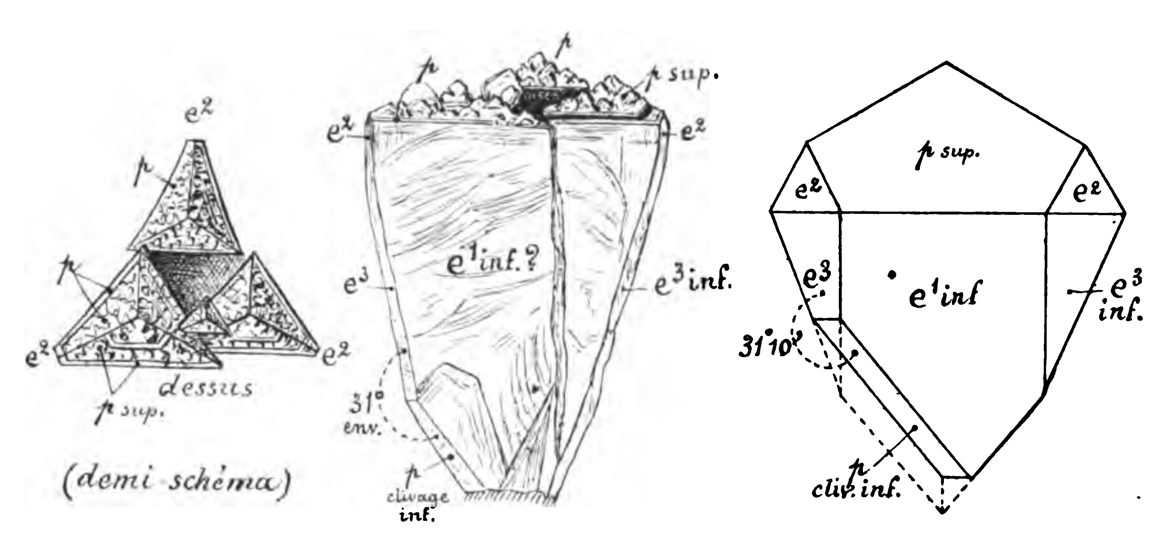


FIG. 142.

Ces élégantes corolles tapissent, de leurs groupes divergents, les croûtes de calcite des bassins de cristallisation ; elles sont toutes coupées par un même plan, quelle que soit leur inclinaison. Par leur disposition et par leur forme, elles rappellent de près celles que Des Cloizeaux a trouvées dans une galerie abandonnée des Eaux-Bonnes (Basses-Pyrénées). Le savant cristallographe les décrit ainsi dans son ***Manuel de Minéralogie*** (t. II, p. 116) :

« Cette croûte se compose de grosses baguettes creuses terminées, du côté de la surface libre, par un prisme trièdre e^2 et par le rhomboèdre e^3 qui est profondément tronqué par une base triangulaire a^1. Les bases de tous ces cristaux, complètement évidées au centre ou seulement comme vermiculées par un burin qui n'aurait réservé qu'un bord étroit et régulier, sont sensiblement alignées sur un même plan, ce qui leur donne l'aspect d'un cliché typographique. »

§ **53** Estimation de l'age des stalactites. — Les circonstances ne m'ont pas permis d'observer, sur place, des faits utiles à la solution de ce problème, objet de bien des controverses. Quelques déductions peuvent cependant être tirées des observations réunies dans le présent travail.

A Han, on admet que l'accroissement de certaines stalagmites est moindre que l'épaisseur d'une petite monnaie, par an (un millim. env.), ce qui paraît considérable relativement aux constatations rappelées par Volger : en treize années l'écriture tracée sur des incrustations était seulement recouverte d'une sorte de vernis, et l'on calcule que, dans les grottes d'Adelsberg, certains dépôts puissants auraient exigé de 77 à 128 mille ans pour leur édification.

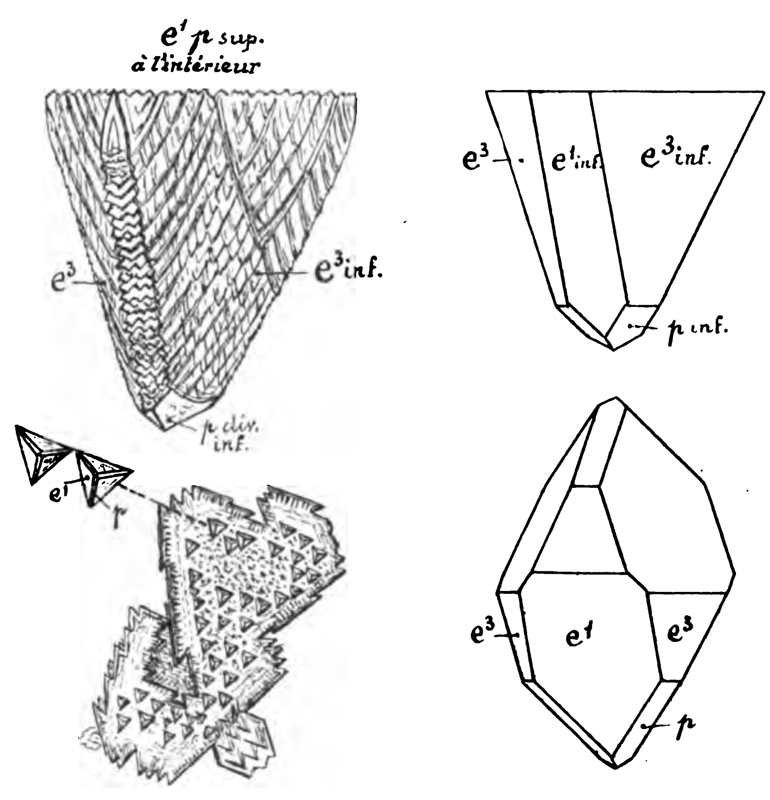


Fig. 143.

A l'aven Armand, où le suintement est actif, M. Martel a constaté que des noms inscrits au crayon et gravés au couteau sur le sommet plat d'une stalagmite n'avaient subi, après un an, qu'une altération à peine appréciable à l'œil nu.

Suivant Farrer et Dawkins, l'accroissement de la circonférence d'une stalagmite, observé, de 1845 à 1873, à Ingleborough cave, se faisait à raison de 7.66 millimètres par an.

Dans une note bien documentée et d'une savante discussion, comme le sont tous les travaux de M. S. Günther, se trouvent de bons exemples de croissance rapide de stalactites dans des constructions souterraines. Ces formations, dont M. Stan-

Meunier a récemment donné une description, se développent parfois dans un court espace de temps. Les observations précises de M. F. Adami, citées par M. Günther, donnent, en chiffres ronds, 1 mètre de longueur pour vingt années, soit 5 centimètres par an.

Je pourrais citer des faits analogues.

M. Adami a même réalisé des stalactites artificielles, en laissant écouler de l'eau calcaire, d'un récipient dont l'ouverture était incomplètement close par un chiffon; en s'échappant goutte à goutte, la solution créa une tige de calcite de 5 centimètres de longueur, en deux mois.

Si les estimations faites dans les grottes, ont le désavantage d'être imprécises, les mesures relevées dans les bâtisses et les laboratoires ont l'inconvénient de se rapporter à des objets nés dans des conditions fort peu comparables à celles que réalise la nature.

On admet que les eaux chargées d'acide carbonique, qui agissent sur les calcaires naturels, proviennent de la couche végétale recouvrant le massif dans lequel une grotte est creusée; pour certains auteurs, c'est même une condition *sine qua non*. Dans les constructions, il n'y a rien de comparable et la composition de la matière qui fournit la solution calcique est sans analogie dans les deux cas : d'un côté on a des calcaires, des dolomies, avec traces de silice, d'alumine, d'oxydes de fer, etc.; de l'autre, on ne trouve que le mortier de l'édifice qui puisse fournir la matière des stalactites, c'est à-dire un silicate de chaux et d'alumine, avec magnésie, oxydes de fer, etc.

L'élaboration du liquide cristallisable est certes fort différente de part et d'autre; la façon dont il entre en contact avec l'atmosphère, et se vaporise, ne l'est pas moins. En résumé, il n'y a de similitude que dans le mode de croissance et dans la forme extérieure.

Les meilleurs points de repère, pour ces évaluations si difficiles, sont les mesures de M. Kříž. Par ses consciencieuses études sur les grottes de la Moravie, ce spéléologue précis nous donne quelques valeurs d'accroissement des dépôts calcaires, comme première estimation et en insistant sur la nécessité de répéter les observations. Voici celles qui peuvent nous être utiles.

Ayant mesuré la quantité de liquide débité par une stalactite et la quantité de matière qu'il abandonne à l'évaporation, M. Kříž trouve :

par jour 1728 centimètres cubes.
par an 631 litres.

Chaque litre donnant 0gr15 de résidu calcaire (avec un peu de silice et d'oxyde de fer), le dépôt sera :

en	1 an,	94.5 grammes.
»	10 ans,	945.0 —
»	100 »	9450.0 —
»	1,000 »	94500.0 —

Partant de là, une colonne comme la « Denksäule » de la Slouperhöhle, qui a plus de $2^{m}5$ de haut et un poids approximatif de 358 kilogrammes, aurait demandé trois mille huit cents ans environ pour s'édifier.

Dans la même grotte on a brisé, en 1880, des stalactites de l'épaisseur d'un tuyau de plume (« kielfederdicke Stalaktiten »); en octobre 1891, après dix ans, elles avaient repoussé de 3 à 4 centimètres.

Des remblais accumulés en 1881 étaient couverts, après dix ans, d'une couche de 2 à 3 millimètres d'épaisseur.

Dans la Vypustekhöhle, un endroit creusé en 1879-1880 avait reçu, après quatre années, un enduit de 1 millimètre d'épaisseur.

Un montant en bois, placé en 1864 dans la Ochozerhöhle, s'était recouvert, en 1882, donc après dix-huit ans, d'une croûte de calcaire de 3 millimètres d'épaisseur.

Les trois dernières de ces observations paraissent concluantes au point de vue de la lenteur avec laquelle se constitue le plancher stalagmitique. La première, concernant les stalactites, plus précise encore, me semble discutable cependant. Le chiffre de 0,15 de résidu par litre, fourni par les mesures, est probablement trop élevé pour l'application qu'on en fait; il demanderait certainement à être réduit, si l'on voulait l'utiliser pour d'autres calculs.

La stalactite ne retient qu'une partie, probablement très minime, des $0^{gr}15$ de la solution qu'elle débite; le reste est employé à la formation de la stalagmite. Celle-ci, à son tour, ne fixe pas toute la matière, puisqu'il y a encore dépôt sur le plancher stalagmitique et concrétionnement plus loin. De façon générale, il n'est pas établi que toute la matière solide amenée par l'eau en un jour, soit déposée durant ce laps de temps.

Nous pouvons arriver, relativement à certaines stalactites, à une appréciation que je crois plus juste, grâce au soin avec lequel M. Kříž a réuni ses renseignements. Par sa deuxième observation, nous apprenons que les stalactites « épaisses comme un tuyau de plume » — par conséquent semblables aux tubes de nos grottes — avaient repoussé de 30 à 40 millimètres en dix ans. Cherchons à quelle quantité de matière cela peut correspondre. Dans ce but, prenons les poids de fragments de longueur connue, de ces stalactites, et réduisons-les à l'unité de longueur, soit le millimètre. On trouve :

Tube jaunâtre; enveloppe mince . . .	17	milligrammes	par millimètre.
— laiteux; — . . .	19	—	—
— en spath; enveloppe plus épaisse .	20	—	—
— — à canal excentrique . .	26	—	—
Baguette, jaune, mince	26	—	—
— avec assez grand canal . . .	27	—	—
Tube, gros, passant à une baguette . .	32	—	—
Baguette, grosse, canal excentrique . .	35	—	—
— mince, petit canal excentrique	35	—	—
— grosse —	37	—	—

Un gros tube ne dépasse pas 37 milligrammes par millimètre courant, soit 37 grammes au mètre. valeur qui concorde avec une première estimation déjà donnée (fin § 3). Dès lors, les 40 millimètres de régénération, établis par l'observation ci-dessus, correspondent à :

0gr037 × 40 mm. = 1.48 grammes.

ou, en chiffres ronds, 1 gramme et demi en dix ans; ce qui fait :

en 100 ans : 15 grammes.
en 1,000 ans : 150 —

Cette évaluation, qui est admissible pour les stalactites tubulaires, ne pourrait être appliquée, sans plus, à tous les échantillons; chacun mériterait une étude particulière, tant les conditions peuvent changer, d'un point à l'autre, dans une grotte. Admettons, pour rester dans les exemples cités, que la colonne de la Slouperhöhle reçoive de tous côtés de la solution incrustante par l'extérieur; celle-ci, étalée sur une large surface exposée à l'air, déposera beaucoup plus de calcaire que le liquide circulant dans les tubes. Les conditions se rapprocheraient de celles qui servirent de base au calcul de M. Kříž, sans les atteindre cependant.

Que conclure, si ce n'est que les stalactites croissent avec une excessive lenteur? Elle nous est attestée par le mécanisme de leur cristallisation et par la parcimonie avec laquelle la solution nutricière est déversée à la surface des appendices volumineux et des renflements coniques dont elles sont chargées. Que l'on parte des chiffres qui viennent d'être obtenus, que l'on prenne des taux d'accroissement plus considérables, on trouvera que beaucoup de ces fragiles barreaux, que l'explorateur brise par douzaines pour se frayer un premier passage, ont demandé plusieurs siècles à s'édifier.

Il n'y a pas de relation à établir entre ces appréciations et l'âge des cavernes elles-mêmes. Leur creusement, surtout déterminé par la dissolution, a exigé un temps qui échappe au calcul et pendant lequel leur parure s'est bien des fois renouvelée.

CONCLUSIONS

Les grottes belges n'ont pas le privilège exclusif de posséder les cristallisations dont on vient de parcourir la description générale; mais, dans la plupart des cavernes explorées et exploitées, elles ont eu tant à souffrir des visiteurs et des modifications introduites dans le régime de leur milieu, qu'elles y sont fort rares. Celles que renferme notre sous-sol comptent certainement parmi les plus belles.

Les renseignements sommaires sur des formations analogues, réunies dans le présent travail, mentionnent tous le même habitus cristallin chez les calcites fistulaires : les trois rhomboèdres e^1, e^3 et p. Les autres formes se mettent moins en évidence; ce sont : d^1, d^2, e^2 et $e^{7/5}$.

Ce résultat vient d'être confirmé encore par de récentes observations sur les stalactites de Potter Creek cave en Californie, qui me parviennent à temps pour être mentionnées. M. A. S. Eakle y signale les terminaisons rhomboédriques 4R et — 2R, donc e^3 et e^1, avec des angles arrondis par un scalénoèdre (probablement d^2).

Une « livrée » spéciale, suivant un terme du savant lithologiste F. Becke, est imposée à ces cristallisations, malgré les conditions variables, évidemment, dans lesquelles elles se trouvent placées. Le seul facteur constant étant la lenteur de la cristallisation, c'est à elle, probablement, qu'est due la similitude constatée.

Si ces trois formes cristallines revêtent les aspects les plus inattendus, c'est que la stillation, la capillarité interviennent sans relâche pour imprimer au cristal telle ou telle apparence extérieure. En outre, ces cristaux offrent la particularité de pousser à l'extérieur de la paroi poreuse du vase qui contient leur solution mère. Celle-ci, ne leur est amenée que par un canalicule ménagé dans l'édifice cristallin relativement volumineux, dont l'accroissement se trouve être à la merci de quelques gouttes de solution.

D'autres sont le résultat d'un mouillage externe et même d'une imbibition par des joints et des craquelures. Il en est, enfin, pour l'édification desquels ces actions ont combiné leurs effets.

Dans un ordre d'idées différent, les cristallisations des cavernes nous disent que tout n'est pas caprice du hasard dans la genèse des colonnettes, lambrequins et vasques, dont ces antres sont parés. Beaucoup de ces ornements ont pour origine des édifices moléculaires soumis aux lois de symétrie, et ce n'est qu'avec

le temps que les cristaux qui leur servirent d'amorce disparaissent, empâtés par le ruissellement.

Devenue puissante par le nombre, la goutte d'eau — dont le rôle avait été important, mais dissimulé — régit ouvertement la transformation du décor. Si elle reste inapte à modifier l'arrangement moléculaire, elle lui ravit de plus en plus ses apparences géométriques extérieures. Déjà au début, elle lui imposait un aspect particulier : car, c'est la goutte qui fixe le diamètre constant des tubes; c'est elle aussi qui maintient la faible épaisseur de ces draperies, dont on admire la translucidité; c'est elle encore qui oblige le cristal à se faire clochette, gargouille ou fil. Et, dans toutes ces excroissances, chaque goutte, peut-on dire, marque une trace indélébile, par la couche laiteuse, courbe, qu'elle superpose à la structure cristalline régulière.

Ces cas tératologiques du règne minéral sont susceptibles de fournir d'utiles contributions à la cristallogénie, comme la tératologie du monde organique éclaire certains faits relatifs aux êtres normaux.

S'il est permis de parler de « végétations » de calcite, simples formes imitatives analogues à celles dont les minéraux offrent d'autres exemples, ce ne sont pas encore les fils et les ergots de nos grottes qui nous aident à comprendre le lien réunissant certainement l'inorganique à l'organique. Ils nous apprennent, par contre, que « l'individu » minéral de grande taille est moins sensible à certaines influences qu'on pourrait le supposer : ce n'est ni la pureté chimique absolue de la solution nutricière, ni son repos, ni le cristallisoir confortable qui importent; c'est plutôt l'absence d'une contamination physique du liquide, et le temps, qui sont les facteurs nécessaires à la croissance des grands cristaux.

Les géants parmi les minéraux, les quartz de plusieurs mètres, les rutiles du volume de la tête, ne sont point le résultat de « venues » extraordinaires, « d'injections » tumultueuses; ils sont l'œuvre de la patience multiséculaire de la nature. Aux tubes stalactitiques des grottes pendent de volumineux appendices, faits d'un seul cristal né par une simple humectation, par lesquels nous touchons du doigt le mécanisme de ce développement graduel et très lent.

C'est donc à des titres divers que l'étude des stalactites et des stalagmites mérite d'être continuée, en s'aidant des méthodes perfectionnées modernes. Il est à espérer que les spéléologues, que leur hardiesse rend souvent les seuls admirateurs des merveilleuses efflorescences souterraines, consacreront une partie de leurs efforts à les récolter méthodiquement et à les décrire de façon précise.

BIBLIOGRAPHIE

Barnes et **Holroyd**, *La Blue-John-Mine à Castleton (Angleterre)*. (Extrait avec illustrations de *The mountain limestone cavern of Tray Cliffs*. Trans. Manchester geol. Soc., Part. X, vol. XXIV, 1891.) (MÉM. SOC. DE SPÉLÉOLOGIE, t. IV, n° 23, 1900.)

Becke (F.), *Die Tracht der Kristalle*. (SCHRIFTEN D. VER. ZUR VERBREIT. NATURWISS. KENNTNISSE, Wien, t. XLVII, 1907.)

Brezina (A.), *Wie wachsen die Steine?* (VORTRAEGE DES VEREINES ZUR VERBREITUNG NATURWISS. KENNT., Wien, t. XXX, 1890.)

Cesàro (G.), *Descriptions des minéraux phosphatés, sulfatés et carbonatés du sol belge*. (MÉM. ACAD. BELGIQUE, t. LIII, 1897.)

Cosyns (G.), *Essai d'interprétation chimique de l'altération des schistes et calcaires*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOLOG., Bruxelles, t. XXI, 1907.)

— *L'origine de la grotte de Rosée à Engihoul près d'Engis (Liége)*. (REVUE DE L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES, 1907.)

Curran (J.-Milne), *The Geology of Sydney and the Blue Mountains*, 1899.

Des Cloizeaux (A.), *Manuel de minéralogie*, 1874.

De Lafontaine, *Beiträge zur Kenntniss stalactitischer Vorkommnisse und deren Genese* (Dissertation; Université de Berne), 1882.

Eakle (A.-S.), *Notes on Lawsonite, Columbite, Beryl, Barite and Calcite*. (UNIV. OF CALIFORNIA BULL. DEP. GEOL., t. V, n° 16, 1907.)

Fritsch (G.), *Die Tropfsteinhöhlen von Jenolan in Neu-Südwales*. (DIE WOCHE, n° 50, 1906.)

Futterer (K.), *Beobachtungen am Eise des Feldberges um Schwarzwalde im Winter 1901*. (VERH. NATURWISS. VEREIN, Karlsruhe, t. XIV, 1901.)

Günther (S.), *Ueber die Entstehung und Altersbestimmung der Tropfsteingebilde*. (HIMMEL U. ERDE, t. VII, 1895.)

Haüy, *Traité de minéralogie*, 2e édit., 1822.

Kříž (M.), *Die Höhlen in den Mährischen Devonkalken und ihre Vorzeit*. (JAHRB. D. K. K. GEOL. REICHSANSTALT, Vienne, t. XLI, 1891.)

Lévy (A.), *Description d'une collection de minéraux formée par M.-H. Heuland. — Calcites fistulaires cristallisées*, t. I, nos 440 et 446, 1837.

Martel (E.-A.), *La grotte de la Balme (Isère). L'aven Armand.* (Mém. Soc. de Spéléologie. t. III, n°s 19 et 20, 1899.)

— *La spéléologie au XXe siècle.* (Spelunca, t. VI, mémoires, 1906.)

— *Les cavernes de Majorque.* (Mém. Soc. de Spéléologie, n° 32, 1901.)

Merril (G.-P.), *On the formation of stalactites and gypsum incrustations in caves.* (Proceed. U. S. National Museum, t. XVII, p. 77, 1894.)

Meunier (St.), *Stalactites de formation actuelle.* (La Nature, 1er semestre, 1902.)

Rath (G., vom), *Calcite fistulaire de la grotte Bellamar près Matanzas (Cuba), terminée par* p, e^1, e^3, e^2, *à l'Exposition de Paris de 1897.* (Des Cloizeaux, *Min.*, t. II, p. 116.)

Schrœeder van der Kolk (J.-L.-C.), *Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken.* (Sammlung. d. Geol. Reichs-Museums in Leide, t. VI, 1900.)

Senft (F.), *Die Wanderungen und Wandelungen des Kohlensauren Kalkes.* (Zeitschr. d. d. Geol. Gesellsch., t. XIII, p. 263, 1861.)

Vater (H.), *Ueber den Einfluss des Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates. I à VIII. Das Wesen der Krystalliten.* (Zeitschr. f. Krystallographie, XXI, 1893 et volumes de la décade suivante.)

Volger (O.), *Erde und Ewigkeit*, 1851.

Van den Broeck (E.), *La grotte de Rosée à Engihoul près Engis.* (A paraître dans les Mémoires de la Société.) Voir aussi la description sommaire publiée sous ce même titre dans La Nature, 10 novembre 1906.

Vrba (K.), *Calcit-Stalaktiten von Niemtschitz.* (Extrait de *Lotos*, décembre 1872.) (Neues Jahrb. f. Mineral, Geol, u. Palæont., p. 423, 1873.)

Zepharovich (V., von), *Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich*, t. II, p. 82, 1873.

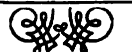


TABLE DES MATIÈRES

LES STALAGMITES.



J C Branner

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — MÉMOIRE N° 3. — 1910

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DES

POLYPIERS DU CALCAIRE CARBONIFÈRE
DE LA BELGIQUE

LE GENRE CANINIA

PAR

ACHILLE SALÉE
Docteur en sciences

Mémoire couronné au Concours interuniversitaire des Sciences minérales de 1910, publié sous les auspices du Ministère des Sciences et des Arts.

BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
112, rue de Louvain, 112

—

1910

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

POLYPIERS DU CALCAIRE CARBONIFÈRE

DE LA BELGIQUE

LE GENRE CANINIA

PAR

ACHILLE SALÉE
DOCTEUR EN SCIENCES

Mémoire couronné au Concours interuniversitaire des Sciences minérales de 1910, publié sous les auspices du Ministère des Sciences et des Arts.



BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
112, rue de Louvain, 112

1910

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DES

POLYPIERS DU CALCAIRE CARBONIFÈRE

DE LA BELGIQUE

LE GENRE CANINIA (1)

PAR

ACHILLE SALÉE

Docteur en sciences

Planches I à IX

INTRODUCTION

Depuis ces dernières années, l'étude détaillée des couches carbonifères par les méthodes paléontologiques a montré la haute importance d'une connaissance plus précise de l'embranchement des Coelentérés.

Afin de contribuer pour notre part à une détermination exacte des espèces de ce groupe, nous avons entrepris de nouvelles recherches sur les polypiers du Calcaire carbonifère de la Belgique.

Avant d'exposer les résultats auxquels nous sommes arrivé dans cet ordre d'idées, nous donnerons un court aperçu critique des travaux sur les polypiers

---

(1) Mémoire déposé au Ministère des Sciences et des Arts, à Bruxelles, le 31 janvier 1910; couronné le 18 juin 1910 par le Jury du Concours interuniversitaire des sciences minérales, qui a proposé l'impression aux frais de l'État; présenté à la séance du 19 juillet 1910, publié sous les auspices du Ministère des Sciences et des Arts.

carbonifériens, et particulièrement ceux qui intéressent la Belgique, depuis le dernier mémoire de De Koninck sur la matière (1). On trouvera à la suite de cette introduction une liste alphabétique de ces travaux par noms d'auteurs.

Lorsque, en 1872, De Koninck publia ses *Nouvelles recherches sur les Animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique,* les méthodes de préparation de plaques minces étaient encore à leurs débuts. Aussi borna-t-il généralement ses diagnoses et descriptions des polypiers fossiles *aux seuls caractères externes :* la forme générale, l'aspect du calice, le nombre et la grandeur relative des cloisons, les caractères de la fossette dans le calice, le dernier plancher, etc. Cette méthode était défectueuse par plusieurs endroits; négligeant totalement la structure interne, elle ne pouvait discerner sûrement, dans l'extrême variabilité des aspects extérieurs, la part de l'accidentel; de là, une multiplication anormale des espèces et une difficulté extrême pour classer d'après ces descriptions; de là aussi le peu d'utilité que pouvaient présenter des espèces aussi « artificielles » pour l'établissement d'une *série* d'horizons paléontologiques déterminés.

Un autre inconvénient de la méthode, et très grave, était d'exiger, pour la détermination, des échantillons extraordinairement bien conservés et dégagés, avec calice intact. Par conséquent, le plus grand nombre des exemplaires de polypiers fossiles de notre Calcaire carbonifère ne pouvait être spécifiquement analysé : nouvel obstacle à une étude sérieuse de paléontologie stratigraphique.

De Koninck lui-même se rendait compte des imperfections notables de ses descriptions, et, dans ses *Nouvelles recherches* (2), annonçant les efforts de J. Thomson, H. Woodward et Harkness pour confectionner des sections dans les polypiers carbonifères, il regrette vivement que leur travail ne soit pas déjà connu et qu'il ne lui soit pas donné d'en profiter, afin d'éviter ainsi les lacunes que ses recherches ne manqueraient pas de présenter dans quelque temps.

Ce travail, J. Thomson le réalisa d'abord avec la collaboration d'Alleyne Nicholson. Dans une série de notes parues en 1875-1876, ils entreprennent, au moyen de coupes transversales et longitudinales, un nouvel examen des principaux types de polypiers paléozoïques. Sans s'arrêter à distinguer les espèces entre elles, ils mettent bien en relief les caractères distinctifs, dont plusieurs avaient été négligés jusqu'alors, des grands genres *Amplexus* Sowerby, *Zaphrentis* Rafinesque et Clifford, *Cyathophyllum* Goldfuss, *Diphyphyllum* Lonsdale, *Lophophyllum* Milne-Edwards et Haime, *Lithostrotion* Lhwyd (1699), *Lonsdalea*

(1) De Koninck, Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du Calcaire carbonifère de la Belgique. (*Mém. de l'Acad. royale de Belgique,* t. XXXIX, 1872.) — L'introduction de cet ouvrage donne une vue d'ensemble sur les travaux actinologiques antérieurs.

(2) De Koninck, *op. cit.,* p. 4.

M'Coy, *Clisiophyllum* Dana; puis des deux genres créés antérieurement par Thomson *Rodophyllum* et *Aspidophyllum*. Enfin, ils créent trois genres nouveaux : *Acrophyllum, Dibunophyllum* et *Koninckophyllum,* que les auteurs postérieurs ont conservés.

Ensuite J. Thomson seul continua l'étude des polypiers du Carbonifère, principalement de l'Écosse, en entrant cette fois dans le détail des espèces et les illustrant de coupes très remarquables.

Ses descriptions des différents genres de la famille des Clisiophyllides méritent surtout de fixer l'attention, et leur intérêt s'accroît encore de l'importance que ce groupe est destiné à acquérir dans l'étude des zones supérieures du Carbonifère.

Nous aurons à nous occuper également de son mémoire *On the Genera Calophyllum and Campophyllum* (1893), où Thomson discute longuement l'extension de ce dernier genre. De très nombreuses coupes, que l'auteur a eu la patience de *dessiner* lui-même, sont autant de documents précieux pour les recherches ultérieures; leur valeur cependant aurait considérablement augmenté si Thomson avait photographié directement ses coupes; le dessin, en l'espèce, a toujours quelque chose de trop schématique, et, malgré lui, le dessinateur se laisse influencer par l'interprétation que sa pensée donne à certains caractères; nous aurons l'occasion de montrer le bien-fondé de cette critique.

En 1888, à l'occasion de la description d'une forme nouvelle de Favositide du Calcaire carbonifère trouvée à Argenteau, J. Fraipont étudie les affinités des genres *Favositides, Emmonsia*, *Pleurodictyon* et *Michelinia.* Il insiste à juste titre sur l'inanité d'une description des caractères extérieurs seuls. « La distinction entre Zoanthaires..., dit-il, ne peut guère se faire que par l'étude de la structure interne des polypiers. »

Les polypiers du Calcaire de l'Oural et de la Russie donnèrent lieu à trois mémoires de M. A. Stuckenberg abondamment illustrés. Les coupes sériées font défaut dans cette étude, qui crée quatorze genres nouveaux et donne cent vingt-trois nouveaux noms d'espèces.

Nous devons à M. le Dr A. Vaughan, de Bristol, toute une série de travaux sur le Calcaire carbonifère et particulièrement sur ses polypiers. En 1905, M. Vaughan publia une division du Calcaire carbonifère d'Angleterre en *Horizons paléontologiques* (1). Basée sur la répartition des polypiers et des brachiopodes, sa *Palaeontological Sequence* a le grand mérite de se retrouver sur le continent, comme M. le Dr A. Vaughan nous l'a fait constater à nous-même au cours d'une excursion dans la vallée de la Meuse, en août 1909.

---

(1) A. VAUGHAN, *Quaterly Journal Geolog. Soc.*, vol LXI, part. 2, 1905, p. 186.

On trouvera ci-après le tableau de ces divisions : nous avons complété celui que M. Vaughan dressait en 1905, à l'aide de ses travaux plus récents (1).

ZONES.	SOUS-ZONES ET HORIZONS.	
DIBUNOPHYLLUM (D). **Dibunophyllum** appar. et maximum. **Lithostrotion junceum** appar. et maximum.	(D_3) **Cyathaxonia.** — (D_y) **Lonsdalia duplicata.** (D_2) **Lonsdalia floriformis.** (D_1) **Dibunophyllum.**	*Viséen.*
	> δ <	*Viséen.*
SEMINULA (S). **Lithostrotion** appar. et abonde. **Carcinophyllum** appar. et pas rare.	(S_2) **Productus Cora** (mut. S_2). (S_1) **Productus semireticulatus** (mut.).	*Viséen.*
SYRINGOTHYRIS et CANINIA (C). Grands **Caninia** appar. et maximum. **Michelinia grandis** appar. et maximum.	(C_2) **Cyathophyllum** φ Vaughan. (C_1) **Syringothyris** aff. **laminosa.**	*Viséen.* (C_2) *Tournaisien.* (C_1)
	> γ <	*Tournaisien.*
ZAPHRENTIS (Z). Vrais **Zaphrentis** appar. et maximum. **Michelina favosa** maximum et extinct.	(Z_2) **Schizophoria resupinata.** (Z_1) **Spirifer** aff. **clathratus.**	*Tournaisien.*
	> β <	*Tournaisien.*
CLEISTOPORA (K).	(K_2) **Spiriferina octoplicata.** (K_1) **Productus bassus.**	*Tournaisien.*
	> α <	*Tournaisien.*
(Modiola-phase).	(M) **Modiola lata.**	*Tournaisien.*

Ces zones, sous-zones et horizons sont caractérisés par l'association d'un certain nombre d'espèces qui peuvent se rencontrer séparément au-dessus et en dessous.

L'auteur rencontre plusieurs espèces ou variétés nouvelles qu'il caractérise sommairement et désigne par des lettres grecques (*Cyathophyllum* φ; *Dibunophyllum* θ).

M. Vaughan fut suivi dans cette classification du Calcaire carbonifère par MM. Cosmo Johns, Wheelton Hind et John Stobbs, Garwood, Sibly, Dixon, Delépine et Douglas, qui retrouvèrent les mêmes divisions paléontologiques dans d'autres parties des Iles Britanniques.

---

(1) A. VAUGHAN, Faunal Succession in the Lower Carboniferous (Avonian) of the British Isles. (*Report of the 79th meeting of the British Association for the advancement of science,* Winnipeg, 1909; London, John Murray, 1910, p. 187.)

A part J. Fraipont, tous ces auteurs étudient des spécimens étrangers à la Belgique, et ne donnent même généralement aucune référence aux *Nouvelles recherches* de De Koninck.

En 1908, M. R. G. Carruthers, du Geological Survey, publie une *Revision de quelques polypiers carbonifères*. Cette fois les fossiles du Carbonifère belge sont mis à contribution : ce sont les types mêmes de De Koninck ou des échantillons notés par lui qui servent de *termes de comparaison*.

Dans les collections du British Museum et du Geological Survey, l'auteur choisit quelques-uns des exemplaires envoyés par M. Piret comme venant de Tournai; après les avoir comparés avec les échantillons conservés au Musée d'Histoire naturelle de Bruxelles, il en fait des coupes microscopiques sériées, et, par une étude très sérieusement menée, il établit *quatre espèces*, dans la synonymie desquelles rentrent de nombreuses espèces de De Koninck.

Voici le tableau des espèces revisées par M. Carruthers, avec les espèces de De Koninck qu'elles englobent d'après ce travail.

REVISION DE M. CARRUTHERS.	ESPÈCES DE DE KONINCK.
Genre **Zaphrentis.**	
Zaphrentis Omaliusi Milne-Edw. et H.	**Zaphrentis Omaliusi.** **Hadrophyllum Edwardsianum.**
Deux nouvelles variétés { **ambigua.** / **densa.**	
Zaphrentis Delanouei Milne-Edw et H.	**Zaphrentis Delanouei.** **Zaphrentis Cliffordana?**
Zaphrentis Konincki Milne-Edw. et H.	**Zaphrentis Konincki.** **Zaphrentis intermedia.** **Zaphrentis Le Honiana.**
Genre **Caninia.**	
Caninia cornucopiae Michelin.	**Amplexus ibicinus.** **Amplexus cornu-arietis.** **Zaphrentis cornucopiae.** **Zaphrentis vermicularis.** **Zaphrentis Nystiana.** **Zaphrentis Edwardsiana.** **Lophophyllum (?) Dumonti.**

C'est en 1908 également, pour le concours interuniversitaire des sciences minérales, que fut posée la question : *On demande de nouvelles recherches sur les polypiers du Calcaire carbonifère de la Belgique*.

M. le Prof[r] H. de Dorlodot a bien voulu mettre à notre disposition les très nombreux polypiers du *Carbonifère de Tournai* qui se trouvent à l'Institut géologique de l'Université de Louvain faisant partie des collections Ubagh, Dumortier, Dewalque, Piret, Pellat, etc. M. de Dorlodot nous a autorisé en outre

à confectionner, dans les spécimens de ces riches collections, des plaques microscopiques pour l'étude des caractères internes. Cela nous a permis d'étudier à nouveau les espèces de De Koninck et de les reviser sur des bases plus scientifiques.

Nous avons examiné un très grand nombre de polypiers et exécuté environ cinq cents plaques minces, en séries, à l'aide desquelles nous avons pu étudier des espèces que le travail de M. Carruthers n'avait pas touchées.

D'autre part nous avons pu vérifier sur les types mêmes de De Koninck, conservés au Musée d'Histoire naturelle de Bruxelles, l'exactitude des déterminations des exemplaires que nous avons étudiés. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que nous publions aujourd'hui.

Ce travail n'est pas stratigraphique : dans notre pensée, il ne doit servir, de concert avec l'œuvre de M. Carruthers citée plus haut, que d'introduction à une étude détaillée de paléontologie stratigraphique sur le Calcaire carbonifère de la Belgique.

Après le dépôt de notre Mémoire au Ministère des Sciences et des Arts à Bruxelles, le 31 janvier 1910, nous avons continué nos recherches; nous avons eu ainsi l'occasion de faire l'étude de la forme décrite par De Koninck sous le nom de *Zaphrentis Herculina* et d'y reconnaître une variété bien caractérisée de *Caninia cylindrica*.

D'autre part, depuis lors quelques travaux se rapportant à notre sujet nous sont parvenus. M. Delépine, maître de conférences aux Facultés de Lille, avait déjà fait paraître plusieurs notes sur le Calcaire carbonifère de la Belgique. Ayant étudié, sous la conduite de Vaughan, de nombreuses coupes du Carbonifère anglais, M. Delépine applique la méthode des zones paléontologiques à l'étude du Carbonifère de la Belgique. Dans un ouvrage récent, M. P. Gröber s'efforce de suivre la même voie.

Nous avons tenu compte de ces travaux; nous utiliserons notamment les belles recherches de M. Delépine pour la répartition des espèces que nous décrirons. Grâce à la bienveillance de M. Delépine, nous pourrons y joindre quelques données inédites. Nous avons aussi tiré grand profit de l'amabilité qu'a bien voulu nous témoigner M. Vaughan, ce qui nous a permis de soumettre plusieurs de nos résultats à la critique de sa haute compétence.

Nous tenons à exprimer aussi toute notre reconnaissance à M. le Prof^r H. de Dorlodot : non seulement ses superbes collections nous ont été largement ouvertes, mais encore il nous a mis à même d'étudier, dans son laboratoire, les polypiers au moyen des procédés modernes. Le vif intérêt que M. de Dorlodot a toujours manifesté envers nos recherches nous a été d'un puissant stimulant. Nous adressons aussi nos remerciements à M. le Prof^r Kaisin, dans le laboratoire et sous la direction de qui nous nous sommes initié à la technique de la préparation des lames minces et de la photographie des plaques microscopiques.

Louvain, Institut de Géologie de l'Université
Laboratoire de Paléontologie.

BIBLIOGRAPHIE

Nous ne citons dans cette liste que les travaux postérieurs à l'ouvrage de De Koninck : *Nouvelles recherches,* etc. (1872). Pour la bibliographie antérieure, consulter De Koninck.

CARRUTHERS, A., A Revision of some Carbonifer. Corals. (*Geol. Magaz.*, dec. V, vol. V, 1908, pp. 20-31, 63-74, 158-171, pl. IV, V et VI.)

— On coral zones in the Carboniferous Limestone. (*Geol. Magaz.*, dec. V, vol. VII, 1910, pp. 171-173.)

DE ANGELIS D'OSSAT, Coral. e. Brioz. d. Carbonifero [Carnian Alps]. (*Atti d. R. Acc. d. Lincei*, sér. V, Mém. II, p. 256, 1897.)

DE KONINCK, Nouvelles recherches sur les animaux fossiles du terrain carbonifère de la Belgique. (*Mém. de l'Acad. royale de Belgique*, t. XXXIX, 1872, 15 planches.)

DELÉPINE, G., Contribution à l'étude du Calcaire carbonifère dans le Tournaisis. (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. II, 1902, pp. 434-438.)

— Observations sur le Calcaire carbonifère du Hainaut. (*Ibidem*, 4e série, t. IV, 1904, pp. 696-704.)

— Comparaison entre les formations carbonifères de Malahide [Irlande] et les calschistes de Tournai. (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XXXVIII, pp. 89-91, 5 mai 1909.)

— Les caractères stratigraphiques du Calcaire carbonifère sur la bordure septentrionale du bassin de Namur. Note préliminaire. (*Ibidem*, pp. 126-153, 16 juin 1909.)

— Comparaison entre le Calcaire carbonifère du Sud-Ouest de l'Angleterre et celui du bassin de Namur. (*Ibidem*, pp. 175-190, 16 juin 1909.)

— Nouvelles observations sur le Calcaire carbonifère de la Belgique. (*Ibidem*, pp. 428-433, 17 novembre 1909.)

— Note sur la présence à Denée [Belgique] de la faune du Calcaire de Paire. (*Ibidem*, pp. 439-442, 15 décembre 1909.)

— Sur la succession des faunes et la répartition des facies du Calcaire carbonifère de la Belgique. (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris*, t. CXLIX, 1909, pp. 1164-1166.)

DELÉPINE, G., Étude sur le Calcaire carbonifère de Tournai. (*Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. XXXIX, 1910, pp. 20-35.)

— Étude sur le Calcaire carbonifère de la Belgique [Hainaut et région de Namur] : Comparaison avec le Sud-Ouest de l'Angleterre. (*Bull. de la Soc. belge de géol.*, t. XXIV, Mém., pp. 3-24, 19 janvier 1910.)

— Faunal succession of the Carboniferous Limestone, Llantrisant. (*Geol. Magaz.*, n. s., dec. V, vol. VII, 1910, pp. 67-70.)

— Quelques observations sur le Calcaire carbonifère : Bassin de Namur et Nord-Est du Condroz. (*Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII, pp. 99-105, 17 avril 1910.)

— Observations sur le Calcaire carbonifère de la vallée du Bock et de la vallée de la Molignée. (*Ibidem*, t. XXXVII, Bull., pp. 219-223, 19 juin 1910.)

— Note sur la position stratigraphique du Calcaire carbonifère de Visé. (*Ibidem*, Bull., pp. 224-232, 19 juin 1910.)

DIXON, The geology of the Sout-Wales Coal-field. (*Mém. of the Geological Survey*, n° 27, pp. 6-20.)

DORLODOT (DE), H., Les faunes du Dinantien et leur signification stratigraphique. (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIII, 1909, Mém., pp. 153-174.)

— Description succincte des assises du Calcaire carbonifère de la Belgique. (*Ibidem*, Mém., pp. 175-193.)

— Relations entre l'échelle stratigraphique du Calcaire carbonifère de la Belgique et les zones paléontologiques d'Arthur Vaughan, d'après les recherches les plus récentes. (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Bull., pp. 247-290.)

DOUGLAS, J.-A., On the Carboniferous Limestone of County Clare. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXV, 1909, p. 578.)

FRAIPONT, J., Affinités des genres Favositides, Emmonsia, Pleurodyction et Michelinia. (*Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XVI, 1888, Mém., p. 20.)

GARWOOD, On the faunal succession in the Carboniferous Limestone of Westmoreland and neighbouring portions of Lancashire and Yorkshire. (*Geol. Magaz.*, dec. V, vol. IV, 1907, p. 70.)

GRÖBER, P., Essai de comparaison entre les couches du Calcaire carbonifère de la Belgique et celles de l'Angleterre. 1re partie : Le Tournaisien. (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém., pp. 25-48.)

JOHNS, COSMO, The Carboniferous Basement Beds at Ingleton. (*Geol. Magaz.*, n. s., dec. V, vol. III, 1906, pp. 320-323 [avec note par Vaughan].)

HIND, WHEELTON and STOBBS JOHN T., The carboniferous succession below the coal-measures in North-Wales. (*Geol. Magaz.*, n. s., dec. V, vol. III, 1906, pp. 385-400, 445-459, 496-507.)

NICHOLSON and ETHERIDGE JUN., On the microscopic structure of three species of the genus Cladoconus M'Coy. (*Geol. Magaz.*, dec. II, vol. VI, 1879.)

NICHOLSON, Description of palaeozoic corals from Northern Queensland, with observations on the genus Stenopora. (*Ann. Mag. of Nat. Hist.*, vol. IV, 1879.)

NICHOLSON, On the structure and affinities of the tabulate corals of the palaeozoïc period. (Edinburgh and London, W. Blackwood and Sons, 1879.)

ROEMER, Lethaea Palaeozoïca. (Stuttgart, 1880.)

SIBLY, The Carboniferous Limestone of the Weston-super-Mare District [Somerset]. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, 1905, pp. 548-564.)

— On the Carboniferous Limestone [Avonian] of the Mendip area. (*Ibidem*, vol. LXII, 1906, p. 324, pl. XXX-XXXV.)

— On the Carboniferous Limestone [Avonian] of Burrington Combe and Cheddar. (*Proc. of the Geol. Assoc.*, vol. XX, pars 2, 1907, p. 66.)

— On the faunal succession in the Carboniferous Limestone of the Midland area. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXIV, 1908, p. 34, pl. I.)

STUCKENBERG, A., Anthozoen und Bryozoen des oberen mittelrussischen Kohlenkalks. (*Mém. du comité géol.*, Saint-Pétersbourg, vol. V, 1888.)

— Korallen und Bryozoen der Steinkohlenablagerungen des Urals und des Timan. (*Ibidem*, Saint-Pétersbourg, vol. X, n° 3, 1895.)

— Anthozoen und Bryozoen des Unter-Kohlenkalks von central Russlands. (*Ibidem*, Saint-Pétersbourg, n. s., liv. 14, 1904.)

THOMSON, J., Notes on carboniferous fossils. (*Transact. of the Geol. Soc. of Glascow*, vol. IV, 1871-1874, pp. 187-190.)

THOMSON, J., and NICHOLSON, A., Contribution to the study of generic types of the paleozoïc corals. (*Ann. and Mag. of natur. Hist.*, sér. 4, vol. XVI, 1875, pp. 305 et 424; vol. XVII, 1876, pp. 60, 123, 290 et 450; vol. XVIII, 1876, p. 68.)

THOMSON, J., On the development and generic relation of the corals of the carboniferous system of Scotland. (*Proc. Phil. Soc. Glascow*, vol. XIV, 1883, pp. 296-502, pl. I-XIV.

— On the genus Lithostrotion. (*Transac. of the Edinburgh Geol. Soc.*, vol. V, 1885-1887, p. 371, pl. XI, XII et XIII.)

— On the occurrence of species of the genus Diphyphyllum Lonsdale in the lower carboniferous strata of Scotland, with a description of some new species and notices of varieties. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, London, vol. XLIII, 1887, pp. 33-39, pl. IV et V.)

— On a new species of Diphyphyllum and a remarquable form of the genus Lithostrotion. (*Ann. and Mag. of natur. Hist.*, 1888, pp. 317-323.)

— On the genera Calophyllum and Campophyllum. (*Proc. Roy. Irish Acad.*, sér. 3, vol. II, 1893, pp. 667-758, pl. XV-XXI.)

— On the genus Phillipsastrea. (*Transac. of the Geol. Soc. of Glascow*, vol. XI, 1896-1899, p. 51, pl. V et VI.)

— On the occurrence of species of the genus Palastraea M'Coy in the lower carboniferous strata of Scotland, with a description of some new species and notices of varieties. (*Transac. of the Geol. Soc.*, vol. XI, 1896-1899, p. 1, pl. I.)

VAUGHAN, A., Notes on the Corals and Brachiopods obtained from the Avon section and preserved in the Stoddart collection. (*Proc. of the Bristol Nat. Soc.*, nov. ser., vol X, pars II, 1902, p. 19.)

VAUGHAN, Notes on the Brachiopods and Corals... from the Carboniferous Limestone of Sout West Gower. (*Ibidem*, ser. 4, vol. I, pars I, 1904, p. 53.)

— The palaeontological sequence in the Carboniferous Limestone of the Bristol area. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, 1905, pp. 181-308, pl. XXII-XXIX.)

— The Carboniferous Limestone series [Avonian] of the Avon gorge. (*Proc. of the Bristol Nat. Soc.*, ser. 4, vol. I, pars 2, 1905, p. 74.)

VAUGHAN, A., and MATLEY, On the faunal succession in the carboniferous rocks at Rush. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXII, 1906, pp. 275-325, pl. XXIX et XXX.)

VAUGHAN, A., Note on the carboniferous sequence in the neigbourhood of Pateley Bridge. (*Proc. of the Yorskire Geol. Soc.*, vol. XVI, pars I, 1906, p. 75.)

— Note on the coral zones of the Avonian [Lower Carbonifer]. (*Proc. of the Geol. Assoc.*, vol. XX, pars 2, 1907, p. 70.)

VAUGHAN, A., and MATLEY, On the carboniferous rocks at Longhshinny. (*Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXIV, 1908, p. 413, pl. XLIX et L.)

VAUGHAN, A., Faunal succession in the Lower Carboniferous [Avonian] of the British Isles. (Report of the 79[th] meeting of the *British Association for the Advancement of Science*, Winnipeg, 1909, p. 187.)

GENRE CANINIA MICHELIN.

1840. **Caninia** Michelin in Gervais, *Dic. Sc. Nat.*, supl. I, p. 485 (Astrea).
1842. — — *Icon. zoophytol.*, p. 81 (1840-1847).
— **Cyathophyllum** (pars) De Koninck, *Descript. Anim. foss.*, p. 20.
1843. **Syphonophyllia** Scouler in M'Coy, *Synopsis of the carboniferous fossils of Ireland*, p. 187.
1845. **Caninia** Lonsdale, in Murchison, de Verneuil et de Keyserling, *Russia and the Ural Mountains*, t. I, App. A, p. 615.
1850. **Cyathopsis** d'Orbigny, *Prodrome*, I, p. 105.
— **Caninia** Idem, *ibidem*, I, p. 105.
— **Syphonophyllia** Idem, *ibidem*, I, p. 158.
1851. **Zaphrentis** (pars) Milne-Edwards et Haime, *Polyp. foss. des terr. paléoz.*, p. 326.
— **Caninia** M'Coy, *Brit. Palaeoz. Foss.*, p. 28.
— **Cyathopsis** Idem, *ibidem*, p. 89.
1852. **Zaphrentis** (pars) Milne-Edwards et Haime, *Brit. Foss. Cor.*, I, p. LXV.
1860. — (pars) Milne-Edwards, *Hist. natur. des Corall.*, III, p. 335.
1871. — (pars) De Koninck, *Nouvelles recherches*, p. 80.
1875. — (pars) Thomson et Nicholson, *Ann. and Mag. nat. Hist.*, sér. 4, vol. XVI, p. 426.
1876. **Cyathophyllum** (pars) Thomson et Nicholson. *Ann. and Mag. nat. Hist.*, sér. 4, vol. XVII, p. 60.
1880. **Zaphrentis** (pars) Roemer, *Lethaea palaeozoica*, I, p. 362.
1893. **Campophyllum** (pars) Thomson, *Proc. Irish Acad.*, sér. 3, vol. II, p. 697.
1903. **Caninia** (of M'Coy) Vaughan, *Proc. of the Bristols Nat. Soc.*, n. s., vol. X, pars 11, p. 102.
1904. **Pseudozaphrentoides** Stuckenberg, *Mém. du comité géol. de Saint-Pétersbourg*, n. s., livr. 14, p. 91 (texte allemand).
1905. **Caninia** Vaughan, *Proc. of the Bristols Nat. Soc.*, 4e sér., vol. I, pars 2, p. 136.
— — — *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, p. 272.
1906. **Amplexi-Zaphrentis** Vaughan, *Quat. Journ.*, vol. LXII, p. 314.
1908. **Caninia** Carruthers, *Geol. Magaz.*, n. s., dec. 4, vol. V, p. 158.
1909. **Campophyllum** Douglas, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXV, p. 578.

Polypier simple, conique et contourné, devenant souvent cylindrique sur une grande partie de sa hauteur, qui peut atteindre des proportions très grandes.

Les *septa majeurs* sont le plus souvent bien développés, atteignant presque le centre à l'âge adulte. Dans certaines espèces (*Caninia cornucopiae* Michelin *emend.* Carruthers), ils se raccourcissent et deviennent amplexoïdes aux niveaux où le polypier prend une forme cylindrique; mais, même dans ces espèces, ils sont toujours longs au moins dans la partie conique.

Des *revêtements stéréoplasmiques* affectant surtout les cadrans cardinaux épaississent les septa : ils s'atténuent à la partie supérieure du polypier.

Les *septa mineurs* varient en longueur d'après les espèces.

La *fossette,* bien apparente (pl. III, fig. 2), a des traits caractéristiques, qui, avec la nature des planchers, distinguent nettement le genre *Caninia* des genres *Zaphrentis* et *Cyathophyllum.* La fossette est formée par une dépression peu profonde des planchers; c'est le bord de cette dépression tabulaire qui forme seul, vers l'intérieur, la limite de la fossette. Ses parois latérales sont formées par quelques septa majeurs avoisinant le septum cardinal; commencée par le septum immédiatement voisin du cardinal, la paroi latérale, après une solution de continuité, se poursuit vers le centre par un septum plus extérieur; cette dévolution peut se répéter. Ces septa limitants ne se réunissent jamais symétriquement en une courbe régulière pour fermer la fossette vers l'intérieur. Nous appellerons *ouvertes* les fossettes de ce type. (Différence avec *Zaphrentis.*)

Le *septum cardinal* occupant la fossette est ordinairement plus court que les septa majeurs.

La présence de la fossette donne au polypier une *symétrie bilatérale* morphologique bien marquée. (Différence avec *Cyathophyllum.*) Cette fossette se trouve le plus souvent du côté de la grande courbure du polypier et un peu latéralement. Le plan de symétrie morphologique ne coïncide donc pas ordinairement avec le plan de symétrie géométrique.

La *région tabulaire* occupe toujours le centre du polypier : son extension vers la périphérie est très variable.

Les *planchers,* bombés vers le haut, n'atteignent jamais le degré de vésiculosité qui s'observe chez *Cyathophyllum :* il y a toujours un plus ou moins grand nombre de planchers qui courent sans discontinuité de part en part de la région tabulaire; les autres s'anastomosent plus ou moins irrégulièrement entre eux, mais chacun d'eux se poursuit distinctement sur une longueur bien plus grande que chez *Cyathophyllum.* L'espacement des planchers est variable d'après les espèces; il varie aussi dans un même individu.

Il y a toujours au minimum une ou deux rangées de *vésicules externes* du moins au stade le plus avancé.

La zone vésiculaire externe se distingue nettement de la zone moyenne. L'épaississement stéréoplasmique s'arrête le plus souvent lorsque les lames pénètrent dans la zone externe.

La où elle se développe, la zone vésiculaire externe s'intercale entre la région tabulaire et l'épithèque.

Tour à tour adopté, rejeté, puis repris, fondu avec le genre *Zaphrentis* ou *Cyathophyllum* par les divers auteurs, *Caninia*, surtout par ses caractères internes, paraît bien former un genre nettement caractérisé.

Il diffère de *Zaphrentis* par les caractères suivants (pl. IX, fig. 1 et 2) :

1° La fossette des *Zaphrentis* est limitée au centre du polypier par une bordure régulière, formée par la réunion vers l'intérieur des septa majeurs les plus voisins du septum cardinal, et la dépression tabulaire de la fossette est toujours extrêmement profonde;

2° même à l'âge adulte, les *Zaphrentis* n'ont pas de zone vésiculaire externe, même réduite;

3° chez les *Zaphrentis*, il y a une bande stéréoplasmique collée à l'épithèque, tandis que chez *Caninia*, cette bande stéréoplasmique se détache de l'épithèque pour former une muraille interne : cette muraille interne est séparée de l'épithèque par la zone vésiculaire externe.

M. Vaughan (1) avait émis l'hypothèse que la bande stéréoplasmique de *Zaphrentis* pourrait être l'homologue de la zone vésiculaire de *Caninia*. En étudiant, à l'aide de coupes multipliées en séries, le développement des *Caninia*, nous avons pu constater les faits suivants, qui nous semblent d'un grand intérêt : à la pointe du polypier, il existe une bande stéréoplasmique collée à l'épithèque comme dans *Zaphrentis*; peu à peu, cette bande se décolle de l'épithèque avec intercalation de vésicules; ces vésicules forment enfin une zone externe de puissance variable séparant l'épithèque de la muraille stéréoplasmique interne. (Voir notamment la description de ce phénomène dans *Caninia patula*, pl. VI, fig. 2 g-i.) Ces faits ne peuvent se concilier avec l'homologie présentée à titre d'hypothèse par M. Vaughan.

Caninia diffère de *Cyathophyllum* par les caractères suivants (pl. IX, fig. 3 et 4 :

1° la fossette chez *Cyathophyllum* est simplement indiquée, si pas absente; la symétrie radiaire est tout à fait dominante;

2° les vésicules dissépimentales affectent chez *Cyathophyllum* une régularité qui n'est jamais atteinte dans *Caninia*;

3° chez *Cyathophyllum*, il n'y a pas de séparation bien tranchée entre la zone

---

(1) A. Vaughan, *Quaterly Journal*, vol. LXI, 1905, p 276.

vésiculaire externe et la zone moyenne. Le caractère frappant que donne à la zone moyenne l'épaississement stéréoplasmique des septa chez *Caninia* fait ici défaut;

4° chez *Cyathophyllum* les planchers sont très rapprochés et réunis par de multiples traverses, de sorte qu'ils deviennent un amas irrégulier de vésicules assez larges.

Le genre *Caninia* a été caractérisé en 1840, au Congrès de Turin, par Michelin, qui le dédia à Charles Bonaparte, prince de Canino.

Dans son *Iconographie zoophytologique,* Michelin ne parle pas du genre *Zaphrentis* qu'avaient établi, en 1820, Rafinesque et Clifford (1), mais les espèces données de *Caninia : C. gigantea* (2), *C. patula* (3), *C. cornucopiae* (4), sont nettement distinctes des *Zaphrentis* revisés par Thomson et Nicholson, comme nous aurons l'occasion de le montrer dans l'étude de ces espèces.

Lonsdale, dans l'appendice sur les Polypiers à l'ouvrage de Murchison, de Verneuil et de Keyserling (*Russia and the Ural Mountains*) insiste sur la nécessité de séparer du genre *Cyathophyllum* les formes *Caninia gigantea* Michelin et *Siphonophyllia* (*Caninia*) *cylindrica* Scouler.

Bien que M'Coy lui-même (*Brit. Foss.*, p. 28) eût reconnu que son genre *Syphonophyllia* était identique à *Caninia* Michelin, d'Orbigny, dans son Prodrome (5), conserva à la fois les deux genres *Syphonophyllia* M'Coy et *Caninia* Michelin, et en créa un troisième : *Cyathopsis* (6); les *Syphonophyllia,* d'après lui, sont des *Caninia* dont le siphon (fossette) est central au lieu d'être latéral. Or rien de semblable n'existe dans *Syphonophyllia* de M'Coy, comme le montre manifestement la coupe verticale de *Syphonophyllia cylindrica* (7). Quant aux *Cyathopsis* d'Orbigny, « *Amplexus* qui ont une partie creusée latéralement en dedans de la cellule », fondés sur *Caninia cornubovis*, ils rentrent dans la synonymie de *Caninia cornucopiae* Michelin *emend.* Carruthers.

Milne-Edwards et Haime abandonnent le genre *Caninia* et font rentrer les espèces décrites antérieurement sous ce nom dans le genre *Zaphrentis*.

De Koninck, en 1842, déclarant la fossette sans importance, en fait des *Cyathophyllum*; par contre, en 1872, il les rapporte au genre *Zaphrentis*.

C'est à Thomson et Nicholson (1875) que nous devons une diagnose plus complète du genre *Zaphrentis :* les premiers ils insistent sur les caractères bien

---

(1) *Ann. des sciences physiques,* Bruxelles, V, p. 324.
(2) MICHELIN, *Icon. Zooph.*, p. 81, pl. XVI, fig. 1.
(3) IDEM, *ibidem*, p. 253, pl. LIX, fig. 4.
(4) IDEM, *ibidem*, p. 254, pl. LIX, fig. 5.
(5) D'ORBIGNY, *Prodrome de paléontologie,* I, p. 105.
(6) IDEM, *ibidem,* I, p. 158.
(7) M'COY, *Brit. Foss.*, pl. XXVII, fig. 5.

tranchés de la fossette, qui est « formée par la coalescence d'un plus ou moins grand nombre de septa qui s'unissent l'un à l'autre vers le centre de la chambre viscérale et forment les parois de la fossette (1) », et sur l'absence d'une zone vésiculaire externe. Il leur était, dès lors, impossible de conserver, dans l'extension de ce genre ainsi revisé, les formes à large zone vésiculaire externe et à fossette « ouverte » appartenant au groupe du *Zaphrentis cylindrica* de Milne-Edwards et Haime. C'est pourquoi, se basant sur leur caractère vésiculeux, ces auteurs rangèrent les espèces de ce groupe dans les *Cyathophyllum.*

En 1893, J. Thomson en reprit l'étude et cette fois en fit des *Campophyllum* (2).

Le genre *Campophyllum* a été créé, en 1850, par Milne-Edwards et Haime (3) qui prennent pour génotype le *Cyathophyllum flexuosum* Goldfuss (4) du Dévonien de l'Eifel. Ces auteurs donnent les caractères génériques suivants : « Polypier simple de grande taille et protégé par une épithèque; septa bien développés; planchers très larges et lisses vers le centre; loges intercloisonnaires remplies de petites vésicules ».

Dans leur *Monographie des polypiers fossiles des terrains paléozoïques,* Milne-Edwards et Haime classent le genre *Campophyllum* dans les Cyathophyllines et font remarquer (p. 395) que, ayant une organisation très semblable à celle des *Cyathophyllum,* il en diffère pourtant par ses cloisons moins étendues et ses planchers beaucoup plus développés.

Dans l'esprit des créateurs du genre *Campophyllum,* celui-ci était caractérisé notamment par l'*absence de fossette :* en effet, d'après eux, les Cyathophyllines ont un appareil septal régulièrement radiaire ou également divisé en quatre groupes par quatre fossettes septales superficielles (p. 360); d'autre part, parmi les Cyathophyllines, les *Omphyma* diffèrent des *Campophyllum* par la présence de quatre fossettes septales.

Campophyllum ne possède donc pas de fossette (5); et c'est à tort que Thomson fait rentrer dans le genre *Campophyllum* Milne-Edwards et Haime, les formes du groupe *Zaphrentis cylindrica,* où la fossette est bien marquée comme l'indiquent ses coupes figurées.

Nous rapportons au genre *Caninia* Michelin, tel que nous le définissons ici, les formes à fossette marquée que Thomson décrit sous le nom de *Campophyllum.*

---

(1) *Ann. and Magaz. Nat. Histor.,* 4e sér., vol. XVI, 1875, p. 427.

(2) J. Thomson, *Proc. Irish Acad.,* sér. 3, vol II, 1893, pp. 667 seq.

(3) Milne-Edwards and Haime, *British Fossils Corals,* Introduction, p. LXVIII.

(4) Goldfuss, *Petref, Germaniae,* vol. I, 1826, tab. XVII, fig. 3.

(5) Nous n'avons pas vu le génotype de *Campophyllum,* M.-Edw. and H.; mais, même s'il était prouvé que la diagnose de ce genre a été mal établie, nous devrions conserver le nom *Caninia,* celui-ci ayant la priorité.

A première vue, il est vrai, deux caractères sembleraient établir une distinction bien tranchée entre ces formes et nos *Caninia*. Ces caractères sont :

1. l'absence, dans la région centrale des coupes de *Campophyllum*, de toute trace septale ou d'intersection tabulaire;

2. la présence de septa « bilamellaires ».

Mais un examen plus attentif ramène à leur juste valeur ces différences apparentes :

1. Parmi les diverses espèces de *Caninia*, il en est à planchers assez espacés (*Caninia cornucopiae*, *Caninia cylindrica*); mais l'espacement des planchers est variable à différents niveaux d'un même individu. Chez ces espèces, dans la région centrale des planchers, les septa, ou bien font défaut [comme à certains niveaux du stade cylindrique de *Caninia cornucopiae* (1)], ou bien ils ont peu d'élévation. Il s'ensuit qu'une série de coupes horizontales présentera des sections d'aspect bien différent sous le rapport de l'avancement des septa vers le centre : les coupes montrant les prolongements des septa jusque près du centre seront les plus rares, parce qu'elles devront avoir été faites exactement au niveau d'un plancher. La plupart des coupes de *Campophyllum* de Thomson appartiennent à la catégorie, plus nombreuse, montrant les septa restant à une plus ou moins grande distance de la région centrale.

L'absence générale d'intersections tabulaires dans la région centrale dans les figures de Thomson ne peut se concilier avec la présence de planchers gondolés que représentent les coupes verticales du même auteur : d'ailleurs, l'auteur signale, dans son texte, ces intersections qu'il a omis de représenter dans ses dessins. L'emploi de la méthode photographique l'aurait mis à l'abri des omissions de cette sorte.

2. Comme caractère des *Campophyllum*, soigneusement répété dans la diagnose de chaque espèce, Thomson note « la présence de septa bilamellaires, les espaces interlamellaires étant occupés par du stéréoplasme ». Cette description ne pourrait s'appliquer à nos *Caninia*, où le stéréoplasme enveloppe, comme d'une gaine, la lamelle septale qui est *unique*, ainsi que le montrent très bien nos photographies. Dans le Petit-Granit d'Yvoir, à Yvoir, nous avons trouvé une forme dont les septa paraissent bilamellaires (pl. IV, fig. 1); en examinant au microscope, nous avons pu constater la présence, au milieu du stéréoplasme soi-disant interlamellaire, d'une fine lamelle noire, qui représente bien la lamelle septale unique. Nous croyons que la disposition bilamellaire des septa dans les *Campophyllum* de Thomson est une fausse apparence.

En 1903, M. A. Vaughan (2) montre que le groupe du *Zaphrentis cylindrica* Milne-Edwards et Haime ne peut entrer dans le genre *Campophyllum*; il en forme un genre à part, pour lequel il reprend le vieux terme *Caninia*.

---

(1) CARRUTHERS, *Geolog. Mag.*, dec. v., vol. V, 1908, p. 165, diagramme F.

(2) A. VAUGHAN, *Proc. Bristols Nat. Soc.*, n. s., vol. X, pars II, 1903, p. 102.

En 1908, M. Carruthers donne d'excellentes raisons pour prouver que le génotype de *Caninia* Michelin est non *Caninia cylindrica*, mais *Caninia cornucopiae* (1), dont la vésiculosité est beaucoup moindre.

M. Carruthers estime en conséquence qu'un nouvel examen serait nécessaire pour décider si les formes du groupe *cylindrica* peuvent être retenues dans le genre *Caninia*.

A la suite de ces études, M. Douglas (2) fit rentrer de nouveau, au moins à titre provisoire, dans le genre *Campophyllum* les formes très vésiculeuses pour lesquelles M. Vaughan avait repris le nom *Caninia*. Nous avons prouvé plus haut que cette thèse est impossible à soutenir. D'autre part, nos études nous ont montré qu'il est impossible de séparer génériquement ces formes de *Caninia cornucopiae*; nous avons été ainsi à même de définir les caractères distinctifs du genre *Caninia* de façon plus précise que n'avait pu le faire M. Carruthers.

Dans tous les exemplaires de *Caninia* dont nous avons examiné les caractères internes, tant du Carbonifère de Belgique que du Carbonifère anglais, les septa mineurs ne sortent guère, vers l'intérieur, de la zone vésiculaire externe. M. Stuckenberg décrit de nombreuses espèces du Calcaire carbonifère de la Russie, qu'il range dans le genre *Caninia* : dans certaines de ces espèces, les septa dépassent de beaucoup vers l'intérieur la zone vésiculaire externe.

Nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier ces formes russes à septa mineurs très développés, que nous serions porté, d'après les figures, à séparer des *Caninia* : dans le doute, nous n'avons pas voulu faire entrer ce caractère dans la diagnose.

Nous ne pensons pas qu'il faille séparer du genre *Caninia* les formes pour lesquelles le même auteur a créé *Pseudozaphrentoides* (3). Il en est autrement du genre *Zaphrentoides* Stuckenberg qui se sépare des *Caninia* et des *Pseudozaphrentoides* par le fait que les septa vont jusqu'au centre, par l'absence complète d'une zone vésiculaire (*Endothekalgewebe*) et la présence de planchers s'étendant jusque l'épithèque.

M. Vaughan a reconnu lui même (4) le bien-fondé de la réunion à *Caninia* par M. Carruthers du genre *Amplexi-Zaphrentis* Vaughan.

---

(1) CARRUTHERS, *Geolog. Mag.*, dec. v., vol. V., 1908, p. 158.

(2) DOUGLAS, *Quaterly Journal*, vol. LXV, 1909, p. 578.

(3) A. STUCKENBERG, *Mém. Com. géolog.*, Saint-Pétersbourg, n. s., livr 14, 1904, p. 91.

(4) A. VAUGHAN, *Quaterly Journal*, vol. LXIV, 1908, p. 445 (en note).

CANINIA CORNUCOPIAE Michelin.

Planche I, fig. 1-4.

Voir Carruthers (1), *Geol. Magaz.*, dec. V, vol. V, 1908.

Ajouter à la synonymie : 1872 **Campophyllum analogum**, De Koninck, *Nouvelles recherches*, p. 45, pl. III, fig. 6.

Caninia cornucopiae Michelin a été très bien étudié par M. Carruthers. Nous en avons figuré (pl. I) les différentes phases d'accroissement d'après des spécimens que nous avons nous-même débités en coupes sériées puis examinés. Nous ne donnons ici que les caractères essentiels du type, afin de comparer avec lui une variété non encore étudiée et d'un grand intérêt.

On peut distinguer, dans le développement de la forme typique, quatre ou même cinq phases désignées d'après le nom donné par Milne-Edwards et Haime ou par De Koninck aux formes dont le calice représente ce stade :

1° phase *vermicularis,* à septa d'épaisseur uniforme gagnant le centre irrégulièrement ;

2° phase *Dumonti,* à septa épaissis par du stéréoplasme, disposés régulièrement et s'étendant jusqu'au centre ou presque jusqu'au centre (pl. I, fig. *1c*, *2b*, *3c*);

3° phase *Nystiana,* à septa épaissis par du stéréoplasme, mais s'éloignant de plus en plus du centre; fossette septale courte et large (pl. I, fig. *1b* et *3b*);

4° phase *Edwardsiana* et

5° phase *cornu-bovis,* à septa très courts; fossette très peu profonde; un anneau de dissépiments marginaux (pl. I, fig. *1a* et *3a*).

Ces phases ne sont pas vraiment ontogénétiques : ces différences sont dues à la forme que prend le polypier; les septa deviennent « amplexoïdes », donc se raccourcissent, lorsque la forme cylindrique est atteinte; or, cette forme cylindrique peut être atteinte à des âges très variés. La longueur des septa varie d'ailleurs fréquemment dans le cours du développement du polypier : elle est en relation avec la hauteur très variable des chambres intertabulaires : lorsque le plancher supérieur d'une chambre a plus tardé à se former, les septa ont pris un plus grand accroissement dans cette chambre, en longueur comme en hauteur. A plus forte raison, le développement des septa dans le calice n'a-t-il pas de valeur spécifique.

(1) M. Carruthers y donne une longue bibliographie; nous croyons inutile de la répéter ici.

Les constantes caractéristiques pour la détermination de cette espèce sont les suivantes (cf. Carruthers, *op. cit.*, p. 164) :

1° l'épithèque est lisse, c'est-à-dire qu'elle n'a aucune striation longitudinale, mais elle possède une striation annulaire fine et serrée;

2° il y a trente-deux ou trente-trois septa pour un calice d'un diamètre de 1cm5 à 2 centimètres;

3° dans la partie inférieure et conique, un épaississement stéréoplasmique affecte les septa, d'abord de tous les cadrans, puis des deux cadrans cardinaux seulement;

4° il y a une phase à longs septa régulièrement disposés (phase Dumonti);

5° un cercle *mince* dissépimental peut s'observer, mais est relégué au stade le plus avancé d'accroissement (pl. I, fig. *1a* et *3a*);

6° les planchers sont bombés en forme de dômes dans la région inférieure et conique, mais ils s'aplatissent dans les portions cylindriques (coupe verticale).

Nous avons repris sur un grand nombre de beaux échantillons l'étude de cette espèce : ce qui nous permet de confirmer en tous points les conclusions de Carruthers, tant pour la synonymie (voir plus haut, page 7) que pour le développement ontogénique.

Nous pouvons en outre enregistrer deux résultats nouveaux, l'un relatif à l'ontogénie, l'autre à la synonymie :

1° Grâce aux nombreuses coupes sériées que nous possédons de *Caninia cornucopiae* Michelin, nous avons pu observer très bien dans cette espèce le décollement (1) de la bande stéréoplasmique collée d'abord à l'épithèque, et l'intercalation entre cette bande et l'épithèque des vésicules caractéristiques du genre. Ce phénomène nous a donné la clef de tout le problème des *Caninia*. Nous donnerons une description complète de ce phénomène à propos de *Caninia patula* (2), espèce chez laquelle nous l'avons observé d'abord.

2° De Koninck décrit sous le nom de *Campophyllum analogum* (3) une forme que nous devons rapporter à *Caninia cornucopiae*. Voici les caractères donnés par De Koninck pour cette espèce :

Polypier simple, assez long, de forme cylindro-conique, fortement recourbé à sa base, à bourrelets d'accroissement bien prononcés; à courbure régulière. Calice circulaire, médiocrement profond, à bords minces et fragiles. Une quarantaine de cloisons minces, légèrement flexueuses, s'avançant assez fort vers le centre et ne laissant libre qu'une faible partie du plancher; celui-ci est lisse. La fossette septale est étroite, peu profonde et située du côté de la grande courbure. Un égal nombre de cloisons rudimentaires s'observe entre les cloisons principales. Vésicules latérales petites, formant deux ou trois rangées superposées.

(1) Voir plus haut, p. 14.
(2) Voir planche VI, figure *2h*.
(3) De Koninck, *Nouvelles recherches*, 1872, p. 45, pl. III, fig. 6.

Nous avons fait des coupes sériées dans des échantillons auxquels se rapportait exactement cette description ; nous y avons constaté (pl. I, fig. 4) tous les caractères de *Caninia cornucopiae* de Carruthers.

A la synonymie déjà si vaste donnée par M. Carruthers, il faut donc encore ajouter *Campophyllum analogum* De Koninck.

Répartition stratigraphique.

REMARQUE — Pour le but que nous nous proposions, il était de toute nécessité de choisir des spécimens bien conservés, se prêtant d'abord à la comparaison avec les espè es types de De Koninck et pouvant être débités en coupes sériées. Les échantillons *de Tournai* que nous avons utilisés se présentaient dans de pareilles conditions; mais on sait aujourd'hui que le Calcaire carbonifère du Tournaisis appartient à des niveaux stratigraphiques variés, et, d'autre part, dans les collections de « fossiles de Tournai », on a généralement négligé de noter la provenance exacte des échantillons.

EN ANGLETERRE, dans le Sud-Ouest, *Caninia cornucopiae* atteint son maximum en C_1 (1).

Dans le comté de Clare, *Caninia cornucopiae* est abondant dans tout le Z_2; d'après M. Douglas, il atteindrait son maximum en γ; il devient rare en S_1 (2).

EN BELGIQUE (3), le niveau le plus inférieur où *Caninia cornucopiae* nous soit connu est l'extrême base du *Calcaire de Landelies*. Nous avons trouvé, en effet, sur le chemin d'Hastière à Insemont, dans des calcaires alternant avec des schistes immédiatement au-dessus des schistes à *octoplicatus*, des polypiers d'assez grande taille, dont la coupe nous paraît se rapporter à cette espèce.

Il en est de même de polypiers que nous avons rencontrés à Yvoir dans le Calcaire de Landelies et dans les Calschistes de Maredsous; nous ne pouvons trouver aucune différence essentielle entre leur coupe et celle de *Caninia cornucopiae;* mais ils paraissent encore peu abondants.

Dans le *Calcaire à cherts d'Yvoir*, de la carrière située derrière la station à Yvoir, M. J. Woot de Trixhe a recueilli une faune très abondante de polypiers bien dégagés; il a bien voulu nous en confier l'étude. Nous y avons reconnu *Caninia cornucopiae* abondant.

---

(1) A. VAUGHAN apud CARRUTHERS, *Geolog. Magaz.*, n. s. dec. v., vol. V, 1908, p. 170; *British Association*, Winnipeg, 1909, p. 189. Cf. le tableau des zones dans notre Introduction. — DELÉPINE, *Geolog. Magaz.*, n. s. dec. v, vol. VII, 1910, p. 70.

(2) DOUGLAS, *Quaterly Journal*, vol. LXV, 1909, p. 579.

(3) Pour la définition exacte des différents niveaux, consulter DE DORLODOT, Description succincte des assises du Calcaire carbonifère de la Belgique. (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIII, 1909, Mém. p. 175.)

M. Delépine (1) le renseigne au sommet des carrières d'Allain, dans des couches que M. de Dorlodot considère comme représentant la base des calcaires d'Yvoir (2).

Caninia cornucopiae devient tout à fait dominant dans le *Petit-granit* et dans les couches qui le surmontent (Calcaire de Vaulx et Calcaire de Paire). M. Delépine le signale notamment dans le Petit-granit du Hainaut à Écaussines, à Feluy et à Ligny (1); dans le Petit-granit du Condroz aux Avins (3); dans le Calcaire de Vaulx, aux carrières de Vaulx, Cherq, Calonne, Pont-à-Rieux et, plus au Sud, dans les carrières de la rive gauche de l'Escaut en face d'Antoing (1); dans les couches correspondant au Calcaire de Paire à Modave et à Petit-Modave (3); dans les calcaires noirs qui, à Landelies, se trouvent intercalés entre la dolomie à encrines et le niveau où apparaît *Chonetes papilionacea* (4); dans la dolomie à encrines correspondant au Petit-granit des vallées de l'Orneau et de la Mehaigne, ainsi qu'à Marche-les-Dames et Namèche, et entre Huy et Flémalle-Haute (5).

M. Delépine a observé encore *Caninia cornucopiae*, mais moins fréquemment, dans les couches crinoïdiques ou oolithiques qui constituent le terme inférieur du Viséen (niveau à *Cyathophyllum* φ) ; il le signale dans la vallée de la Mehaigne (6), à Malonne et entre Huy et Flémalle-Haute (7), de même que dans les couches rapportées au Marbre noir de Dinant, de la tranchée du chemin de fer du Bocq, près de la gare de Sovet (8).

M. Gröber, dans son *Essai de comparaison des couches fossilifères de Belgique avec les zones paléontologiques de Vaughan* (9), ne cite nulle part *Caninia cornucopiae*. La chose peut certainement paraître étrange, vu l'abondance de cette espèce dans les couches qu'il décrit; peut-être cette omission doit-elle être mise en relation avec le fait que M. Gröber donne encore aux espèces qu'il cite les noms employés par Vaughan en 1905-1906, mais abandonnés (10) par l'éminent paléontologue de Bristol depuis la revision de M. Carruthers en 1908 (11).

---

(1) Delépine, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém., p. 5.
(2) de Dorlodot, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIII, 1909, Mém., p. 158.
(3) Delépine, *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII, 1910, Mém., pp. 102 et 103.
(4) Idem, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém., p. 13.
(5) Idem, *ibidem*, pp. 10 et 16.
(6) Idem, *ibidem*, p. 12.
(7) Idem, *ibidem*, pp. 15 et 16.
(8) Idem, *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XXXVII, 1910, Bull., p. 221.
(9) P. Gröber, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém., p 25.
(10) A. Vaughan, *Quat Journ. geol. Soc.*, vol. LXI, 1908, pp. 438 seq.
(11) Ainsi M Gröber dit encore *Zaphrentis aff. cornucopiae* pour *Zaphrentis Konincki; Zaphrentis aff. Phillipsi* pour *Z. Omaliusi* ou *Z. Delanouei*.

CANINIA CORNUCOPIAE VAR. VESICULAR S NOV. VAR.

PLANCHE I, fig. 5.

Caractères externes.

Polypier simple, conique dans sa partie inférieure, mais devenant rapidement cylindrique et s'accroissant verticalement jusqu'à une grande hauteur en conservant la même largeur qui est faible. Sa forme est légèrement flexueuse.

Quelques bourrelets d'accroissement, avec parfois interruption de l'épithèque; ces interruptions se rencontrent surtout à la partie supérieure. Une striation annulaire très serrée, mais bien marquée, orne le polypier.

Le *calice* (pl. I, fig. 5*b*) est circulaire et profond. Les septa descendent vers le centre du dernier plancher, obliquement, et laissent une partie du plancher à découvert. Ces septa sont fins, mais bien marqués.

Septa mineurs invisibles.

La *fossette* est marquée par le raccourcissement du septum cardinal dans sa partie la plus rapprochée du plancher; elle apparaît comme une lacune dans la série des septa, mais on y observe à peine une très légère dépression du plancher.

Vers l'intérieur, les septa limitants ne se réunissent pas, de sorte que la fossette est du type « ouvert ».

Dimensions : Hauteur, 10 centimètres; diamètre du calice, $1^{cm}5$; profondeur du calice, $0^{cm}75$; nombre de septa, 32.

Caractères internes.

Dans *Caninia cornucopiae* typique, la mince bordure dissépimentale est caractéristique; mais son apparition est reléguée à une période tardive du développement du polypier (*mature growth stages :* CARRUTHERS, *op. cit.*, p. 162), ainsi que celle des septa mineurs. Il n'y a jamais dans les spécimens moyens ($1^{cm}5$ à 2 centimètres) plus d'un anneau ou deux de dissépiments; dans de rares cas, les formes exceptionnellement larges peuvent avoir trois ou quatre rangées (CARRUTHERS, *op. cit.*, p. 164).

Dans la variété que nous appelons *vesicularis*, cette bordure intervient immédiatement au-dessus de la partie conique (pl. I, fig. 5*g*). Cette précocité s'accompagne d'une extension de la bordure, puisqu'on peut compter trois rangées pour un diamètre de $1^{cm}5$.

a) SECTIONS HORIZONTALES.

Les phases *Dumonti, Nystiana* et *cornubovis* sont bien marquées (1) :

Phase Dumonti (pl. I, fig. 5*i*). Dans les cadrans cardinaux, les septa sont épaissis par du stéréoplasme sur toute leur longueur.

Les épaississements affectant des septa adjacents sont presque contigus et forment une grande plage allant presque jusqu'au centre.

Les septa, dont quelques-uns curieusement tordus, sont de la même grandeur, atteignant presque le centre, sauf le septum cardinal qui est plus court, et le septum opposé qui est plus long. Ces septa se disposent régulièrement.

Phase Nystiana (pl. I, fig. 5*h*). Les septa sont encore épaissis dans les cadrans cardinaux, mais la plage stéréoplasmique s'est réduite.

Les septa se terminent plus loin du centre et laissent libre environ un tiers de la coupe; ils sont à peu près d'égale longueur.

La fossette (dont la position est indiquée dans la coupe figure 9 par une interruption de la plage stéréoplasmique) est marquée par les traces courbes des intersections des planchers avec le plan de la coupe (*intersections tabulaires*).

La fossette est élargie et quelques traverses dissépimentales se montrent entre les septa à la périphérie. Ces traverses se trouvent à l'intérieur de la muraille stéréoplasmique, qui, comme à la phase précédente, est accolée à l'épithèque.

Phase cornubovis (pl. I, fig. 5*c*—*g*). Septa courts, mais s'avançant cependant plus loin vers le centre que dans *Caninia cornucopiae* typique au stade cylindrique.

La fossette, limitée latéralement par les deux septa immédiatement voisins du septum cardinal, est fermée vers l'intérieur uniquement par une intersection tabulaire courbe.

Les traverses dissépimentales, qui sont apparues à la phase *Nystiana* (donc déjà dans la partie conique du polypier), se multiplient, et avant même que ne soit atteint le stade cylindrique (à une hauteur de 1^{cm}5 pour l'échantillon figuré de 10 centimètres), la muraille stéréoplasmique est séparée déjà de l'épithèque par un anneau vésiculaire périphérique qui comprendra au sommet trois rangées formant comme une tunique au polypier.

---

(1) L'état de conservation de nos échantillons ne nous a pas permis de pousser nos coupes assez loin vers la pointe pour y observer la phase *vermicularis*. Cette phase est d'ailleurs commune à un grand nombre de formes. (Cf. *Caninia patula*, pl. VI, 1*h*).

b) Sections verticales.

(Pl. I, fig. 5*j* et 5*k*.)

Les planchers, assez bien espacés, sont, en général, bombés vers le haut dans leur partie médiane; leur portion la plus extérieure devient, pour un grand nombre d'entre eux, horizontale ou même concave vers le haut.

Les planchers ne pénètrent pas dans la tunique vésiculaire.

Cette tunique vésiculaire est formée de vésicules allongées en hauteur et convexes vers l'intérieur.

C'est peut-être à cette variété *vesicularis* qu'il faut rapporter le *Pseudozaphrentoides Jerofejewi* Stuckenberg, de D. Podmokloje (gouvernement de Toula) (1).

Une note de M. Vaughan (in Carruthers, *op. cit.*, p. 169) décrit, sans la figurer ni la nommer, une mutation de D_2-D_3 (Viséen) d'Oistermouth sur le promontoire de Gower (Glamorganshire). Cette mutation atteint très vite le stade cylindrique, et la fine « jaquette » vésiculaire persiste durant tout ce stade; la fossette est une large mais peu profonde dépression.

Si nous nous en tenons à cette description, la mutation viséenne diffère uniquement de notre variété *vesicularis* par le plus grand nombre d'intersections tabulaires avec le plan de la coupe et le rapprochement plus fort des planchers.

M. Douglas signale également cette mutation D_{2-3} dans le comté de Clare; il la désigne *Caninia aff. cornucopiae* Mich. (2).

L'examen comparatif de nos séries de coupes figurées (pl. I) montre manifestement que *Caninia cornucopiae* typique et la forme que nous décrivons appartiennent bien à la même espèce.

Le grand intérêt de cette variété *vesicularis* réside précisément dans la présence, avec tous les caractères du type, d'une *zone vésiculaire externe dès un stade jeune*.

Les formes que nous étudions ci-après possèdent, elles, une zone vésiculaire externe *développée*. D'autre part, les caractères de leur fossette et de leurs plan-

(1) A. Stuckenberg, Anth. und Brioz. der Unter Kohlonkalk von Central Russlands. (*Mém. Com. géolog. Saint-Pétersbourg*, n. s., liv. 14, 1904, p. 91, pl. VIII, fig. 5*a*, *b*, *c*; pl. IX, fig. 7.)

(2) Douglas, *Quaterly Journal*, vol. LXV, 1909, p. 579, pl. XXVII, fig. 14.

chers (sauf le *degré* de vésiculosité) sont essentiellement les mêmes que dans *Caninia cornucopiae*.

Il était donc intéressant de constater que ces espèces, différant l'une et l'autre de *Caninia cornucopiae* typique par la grande importance de leur zone vésiculaire, se relient sous ce rapport à cette dernière par un chaînon intermédiaire constitué par *Caninia cornucopiae* var. *vesicularis*.

Cette constatation nous paraît de nature à faire trancher affirmativement la question de la réunion dans un seul genre de ces différentes espèces.

CANINIA CYLINDRICA Scouler.

Planches II, III, VI et V, fig. 1.

1843. **Siphonophyllia cylindrica** Scouler in M'Coy, *Synopsis Carb. Foss. Ireland*, p. 187, pl. XXVII, fig. 5.

1843. **Caninia gigantea** Michelin, *Iconographie zooph.*, pp. 81 et 255, pl. XVI, fig. 1*a*, 1*b*, 1*c*. (? coeteris), 1840-1847.

1850. **Caninia gigantea** D'Orbigny, *Prodrome*, I, p. 158.

— **Siphonophyllia cylindrica** Idem, *ibidem*.

1851. **Zaphrentis cylindrica** Milne-Edwards et Haime, *Polyp. foss. des terrains paléoz.*, p. 139.

— **Caninia gigantea** M'Coy, *Brit. Palaeoz. Foss.*, p. 89.

1852. **Zaphrentis cylindrica** Milne-Edwards et Haime, *Brit. Foss. Cor.*, I, p. 171, pl. XXXV, fig. 1, 1*a*, 1*b*.

1860. **Zaphrentis cylindrica** Milne-Edwards, *Histoire naturelle des Corall.*, p. 345.

1872. — — De Koninck, *Nouvelles recherches*, p. 84, pl. VII, fig. 5; pl. VIII, fig. 1; pl. XV, fig. 1.

— **Zaphrentis bullata** Idem, *ibidem*, p. 86, pl. VII, fig. 6.

1876. **Cyathophyllum (Caninia) giganteum** J. Thomson et A. Nicholson, *Ann. and Mag. Nat. Hist.*, 4e sér., XVII, p. 66, pl. VI, fig. 1; VII, fig. 2 (? 1 et 3).

1880. **Zaphrentis cylindrica** Roemer, *Lethaea Palaeoz.*, I, p. 362.

1905. **Caninia cylindrica** Vaughan, *Quat. Journ.*, vol. LXI, pars 2, p. 272.

1905. — — mut. γ Idem, *ibidem*, p. 273, pl. XXIII, fig. 1.

Non **Caninia cylindrica** var. **Bristoliensis** Vaughan, *Proc. of the Bristol Natur. Soc.*, n. s., vol. X, pars 2, 1903, p. 103, pl. I, fig. 4.

Non **Caninia cylindrica** mut. S_1 Vaughan, *Quat. Journ.*, vol. LXI, 1905, p. 273, pl. XXIII, fig. 1*a*.

1906. **Caninoid Cyathophylla** Sibly, *Quat. Journ.*, vol. LXII, p. 367, pl. XXXI, fig. 1.

1910. **Caninia cylindrica** mut. γ Gröber, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, XXIV, Mém. p. 43, pl. II, fig. 1.

— **Caninia cylindrica** mut. C_2, Idem, *ibidem*, p. 43, pl. II, fig. 3.

Non **Caninia cylindrica** mut. S_1, Idem, *ibidem*, p. 43, pl. II, fig. 2.

Caractères externes.

Polypier simple, de très grande taille et très irrégulier dans son accroissement; conique dans la partie inférieure rarement conservée, il devient bientôt largement cylindrique. Des torsions violentes interviennent souvent au cours de la croissance, accompagnée fréquemment d'un aplatissement donnant en coupe une ellipse (pl. II, fig. 2 et pl. IV, fig. 4).

L'épithèque possède une striation annulaire avec bourrelets d'accroissement très prononcés. Très souvent de fortes interruptions dans l'épithèque marquent un stade d'arrêt dans la croissance, suivi d'un renouveau d'accroissement.

Sur les échantillons observés, l'épithèque par endroit se présente comme éclatée, ce qui donne une structure écailleuse; sur d'autres parties, elle est complètement enlevée, laissant voir de larges vésicules.

Une striation longitudinale très fine et très serrée orne les parties restées intactes de l'épithèque.

Le *calice* typique (pl. III, fig. 1*a*) est peu profond; les septa font saillie sur une épaisse muraille vésiculaire interne. Ils descendent un peu obliquement vers un large plancher sur lequel ils se prolongent sous forme de fines stries presque imperceptibles.

Le calice dans les formes mouvementées a un diamètre moindre que la partie médiane du polypier (pl. II, fig. 6).

La *fossette* est *très ouverte*, dans ce sens que non seulement les septa limitants ne forment pas une bordure interne régulière, mais de plus ils ne se rencontrent pas dans cette région (1) (pl. III, fig. 2).

La fossette s'arrête bien loin du centre du calice; elle est située du côté de la grande courbure, généralement un peu sur le côté.

Il y a une soixantaine de septa majeurs assez serrés. Au pourtour du calice, on aperçoit, alternant avec les septa majeurs, des septa mineurs peu saillants.

---

(1) Il arrive qu'un dissépiment réunit entre eux les septa limitant la fossette; mais ce dissépiment ne ferme pas la fossette, puisque celle-ci se continue au delà du dissépiment. La figure 2 de la planche III illustre très bien cette disposition.

Caractères internes.

a) Sections horizontales.

Stade I (pl. III, fig. 1*f*). — Les septa épaissis par du stéréoplasme vont de l'épithèque jusqu'à proximité du centre de la coupe. Il n'y a pas de vésicules pour séparer l'épithèque de la bande stéréoplasmique : les deux murailles sont donc accolées.

Les revêtements stéréoplasmiques affectent également tous les septa des quatre cadrans.

La fossette très bien marquée est occupée par un long septum.

Stade II (pl. III, fig. 1*c*, 1*d* et 3*b*). — On peut distinguer trois zones :

une zone centrale libre de septa;

une zone moyenne où tous les septa également épaissis décrivent une courbe concave vers la fossette; une série d'arcs stéréoplasmiques formant muraille interne sépare cette zone moyenne de la zone externe; dissépiments peu nombreux;

une zone externe vésiculaire très mince, dans laquelle les septa ne sont pas épaissis par du stéréoplasme. Les vésicules sont allongées dans une direction tangentielle. Le plus souvent ces vésicules n'interrompent pas à cette phase la continuité des septa. Cette zone vésiculaire est très délicate; aussi là où l'épithèque n'existe plus, la zone en question a généralement disparu au moins en bonne partie. La coupe se trouve alors bordée par la muraille interne d'arcs stéréoplasmiques qui a des ondulations très capricieuses.

La rareté des spécimens possédant encore la partie inférieure conique donne un intérêt spécial à la description des premiers stades, description que nous avons pu établir sur des échantillons presque complets et bien caractérisés par ailleurs.

Stade III (pl. II, fig. 2-5; pl. III, fig. 1*b* et 3*a*; pl. IV, fig. 2*b* et 2*c*). — Les épaississements stéréoplasmiques tendent à se localiser pour ne plus occuper que les deux cadrans cardinaux. Les septa de ces cadrans sont recouverts de stéréoplasme sur une grande partie de leur longueur, et ce stéréoplasme peut être épaissi au point de faire disparaître sur un espace assez considérable la lumière des chambres intercloisonnaires. Au lieu d'une simple muraille formée par les arcs stéréoplasmiques, on voit alors dans les cadrans cardinaux une vaste plage de stéréoplasme parcourue par des rayons plus sombres qui appartiennent au sclérenchyme primitif des septa. Les dissépiments de la zone moyenne sont devenus plus nombreux.

Les septa décrivent encore une courbe concave vers la fossette.

Le septum médian et les septa adjacents font saillie dans la zone vésiculaire externe.

La zone vésiculaire externe comprend deux sous-zones : la sous-zone *la plus extérieure* à *grandes vésicules* très larges, et une sous-zone *plus interne*, à *vésicules plus petites* et plus régulières. Les septa ne se continuent pas dans la région la plus extérieure : ce qui a permis aux vésicules d'atteindre des dimensions dépassant la largeur des chambres intercloisonnaires. Cependant on voit partir de la paroi externe de certaines vésicules et se diriger vers l'intérieur de celles-ci, de petits prolongements radiaires et très fins qui se trouvent sur la direction des septa.

La fossette, outre le septum cardinal, contient encore de chaque côté un autre septum court. Elle est limitée vers l'intérieur par des intersections tabulaires courbes.

Les planchers sont très gondolés, de sorte que leurs traces sur le plan de la coupe dessinent des courbes à centres différents.

Les fins prolongements des septa vers l'intérieur suivent les planchers dans leur tracé ondulé; ce qui fait qu'on voit reparaître ces fins prolongements au voisinage des intersections tabulaires.

Stade IV (pl. II, fig. 1; pl. IV, fig. 3 et 5). — Les caractères qui distinguaient à la phase précédente la sous-zone la plus extérieure se sont étendus à toute la zone vésiculaire externe. Cette zone est plus large qu'au stade précédent relativement au diamètre de la coupe. Pas plus qu'au stade précédent, on ne rencontre de septa continus, de sorte que les septa ne commencent qu'à une distance relativement plus grande de l'épithèque.

Les épaississements stéréoplasmiques s'observent encore, mais leur développement est moindre qu'au stade précédent.

Les septa ne sont plus recourbés vers la fossette : ils ont pris une disposition nettement radiaire.

b) Sections verticales.

(Pl. II, fig. 7; pl. III, fig. 1*g*.)

Dans la région médiane, région qui comprend la zone centrale et la zone moyenne, les planchers assez espacés avec individualité propre, mais ondulant fortement, s'étendent en travers de toute la partie de la chambre viscérale limitée par la muraille interne.

Au-dessus de chacun de ces planchers, on voit s'élever le tracé des septa.

Les échantillons de *Caninia cylindrica* se laissent facilement briser en travers, et ces coupes grossières laissent voir très bien, sur les différents planchers, la faible saillie des lames qui n'atteignent pas dans la partie centrale la face inférieure du plancher immédiatement supérieur à celui qui les supporte.

Une zone vésiculaire externe montre des loges vésiculaires allongées dans le sens de la hauteur et disposées obliquement vers le haut et vers l'extérieur.

Elles sont convexes vers le haut et vers l'intérieur.

La muraille interne, formée du côté cardinal par l'épaississement stéréoplasmique d'une portion des septa, marque une séparation nette entre la zone médiane et la zone vésiculaire externe.

Dimensions.

Dimensions moyennes. — Hauteur : 20 à 30 centimètres; diamètre du calice : 5 centimètres; profondeur du calice : 2 centimètres; nombre de septa pour les dimensions données : 62.

Nous avons rencontré dans la tranchée du chemin de fer à Liotte (Rivage) des *Caninia cylindrica* géants atteignant plus de 60 centimètres de hauteur.

Michelin, après avoir créé le genre *Caninia*, décrivit sous le nom de *Caninia gigantea* un polypier de grande taille du Calcaire carbonifère de Sablé (France) et de Tournai. Un calice figuré (*Icon. Zooph.*, pl. XVI, fig. 1*a*) montre bien la fossette « ouverte », la zone vésiculaire et les septa à bords descendant rapidement vers le fond du calice et se poursuivant ensuite par de fins prolongements sur un large plancher, caractères qui distinguent également les formes que nous étudions ici.

M'Coy décrit, en 1843 (*Syn. Carb. Foss. Irel.*), une forme du Carbonifère d'Irlande, appelée par Scouler *Siphonophyllia cylindrica*. En 1851 (*Brit. Pal. Foss.*), il reconnaît l'identité de sa forme avec la *Caninia gigantea* Michelin et adopte non seulement le terme générique antérieur *Caninia*, mais aussi le nom spécifique de Michelin abandonnant ainsi le nom de Scouler qui avait la priorité pour l'espèce. Dans sa nouvelle définition, il s'appuie sur le caractère vésiculeux de la muraille, zone vésiculaire qui apparaît d'ailleurs manifestement sur le spécimen figuré par Michelin.

Le spécimen figuré par M'Coy (1) est une coupe verticale irrégulière d'allure, mais qui montre très bien les caractères de la fossette : dans ce type, en effet, les fossettes se présentent comme une série d'entonnoirs emboîtés, variables en largeur et en profondeur. On remarquera la même disposition dans les sections verticales passant par la fossette de nos spécimens figurés (notamment pl. III, fig. 1*g*); à certains niveaux — qu'aucune loi régulière ne détermine d'ailleurs, — de l'influence combinée de la variation de largeur et de la variation de profondeur résultent des fossettes non plus en entonnoir, mais en simple dépression arrondie.

Le genre *Caninia* venant se fondre dans le genre *Zaphrentis* tel que l'entendaient Milne-Edwards et Haime, ces auteurs ne pouvaient donner à notre espèce le

---

(1) Nous tenons à remercier ici M. le Dr A. Vaughan, qui nous a envoyé un moulage du spécimen-type de Scouler, conservé au Musée de Dublin.

nom de *Zaphrentis gigantea :* ce nom spécifique, en effet, avait déjà été donné en 1820 par Lesueur à une espèce dévonienne d'Amérique. C'est pourquoi ils reprennent le nom spécifique donné par Scouler (in M'Coy : *Synopsis*), et c'est le nom de *Zaphrentis cylindrica* que l'on retrouve chez ces auteurs, chez De Koninck et chez les autres paléontologistes jusqu'à Thomson et Nicholson.

Thomson et Nicholson ayant donné au genre *Zaphrentis* une définition nouvelle, devenue définitive, ne pouvaient conserver dans ce genre les formes du type *gigantea* Michelin. Ils notent les grandes ressemblances de *Caninia gigantea* Michelin avec *Cyathophyllum :* « planchers limités à la zone centrale, et présence d'une zone périphérique de vésicules disposées en couches inclinées vers le haut et vers l'extérieur ». Ils hésitent encore sur le point de savoir si les différences avec *Cyathophyllum* typique, c'est-à-dire « présence d'une fossette très marquée et septa n'atteignant pas le centre », ne séparent pas génériquement cette forme du genre *Cyathophyllum.*

Bien que l'on puisse rencontrer entre *Caninia*, tel que nous l'avons défini, et *Cyathophyllum* Goldfuss, des formes intermédiaires à caractères atténués, nous pensons qu'il existe des différences bien tranchées entre *Caninia cylindrica* Scouler revisé et *Cyathophyllum* Goldfuss, qui ne permettent pas plus de les ranger dans ce dernier que parmi les *Zaphrentis*.

Ces caractères sont :

1° présence chez *Caninia cylindrica* d'une fossette « ouverte » bien marquée;

2° distinction nette entre la zone vésiculaire externe et la zone moyenne, par suite de la présence d'un anneau stéréoplasmique;

3° absence de septa dans la région la plus externe de la zone vésiculaire, ce qui détermine un manchon de grandes vésicules absentes dans *Cyathophyllum;*

4° présence chez *Caninia cylindrica* de planchers très ondulés, mais formant *peu* de vésicules par leurs anastomoses; sur ces planchers, les septa ne forment qu'une faible saillie dans la région centrale.

Caninia cylindrica mut. γ Vaughan appartient bien à l'espèce de Scouler comme le pense M. Vaughan. Il nous est même impossible de reconnaître entre le type de Scouler et la forme de M. Vaughan, les légères différences qui motiveraient une distinction mutationnelle : en effet, M. Vaughan (1) caractérise sa mutation γ par la faible extension des septa à l'extérieur de la *vesicular wall*, de sorte que, en coupe horizontale, les septa sont seulement représentés dans cette région par de petits prolongements partant des vésicules. D'autre part, la *Caninia cylindrica* possède, d'après M. Vaughan, le caractère suivant : dans une coupe horizontale, les vésicules les plus extérieures de l'épaisse paroi ne présentent pas ordinairement de prolongement des septa; mais les prolongements deviennent

(1) A. Vaughan, *Quaterly Journal*, vol. LXI, 1905, p. 273, pl. XXIII, fig. 1.

plus longs et plus prononcés à mesure que l'on avance vers l'intérieur. Nous devons bien avouer qu'il nous est impossible de séparer la mutation γ de la *Caninia cylindrica* typique : en effet, les deux dispositions rappelées se rencontrent dans le même individu de *Caninia cylindrica* (pl. II).

La coupe de mutation γ figurée par M. Vaughan appartient à la fin du stade III.

M. le D[r] A. Vaughan nous a communiqué le spécimen-type de *Can.* γ dont il a figuré une section horizontale, et il a poussé l'amabilité jusqu'à nous autoriser spontanément à y faire une section verticale. Nous avons veillé avec le plus grand soin à ce que cette section passe par l'axe de la fossette : nous avons pu ainsi nous rendre compte que, ici comme dans nos spécimens, aussi bien que dans les types de Scouler et de Michelin : 1° les planchers sont individualisés; 2° les fossettes se présentent comme une suite d'entonnoirs emboîtés, avec les variations rappelées plus haut.

Les *Caninoid Cyathophylla* de M. Sibly sont bien des *Caninia cylindrica*; le spécimen figuré (1) ressemble, d'après l'auteur lui-même, à *Caninia cylindrica* mut. γ Vaughan par la nature de ses planchers et par la présence d'une région périphérique purement vésiculaire. M. Sibly note comme différence : 1° l'étroitesse de la région vésiculaire périphérique; 2° le plus grand nombre de septa qui sont faiblement épaissis; 3° le développement plus faible de la fossette.

Il est facile de constater que certaines de nos coupes prises à différentes hauteurs d'un même échantillon (pl. II), diffèrent plus entre elles que *Caninoïd Cyathophylla* de Sibly ne diffère de *Caninia cylindrica* mut. γ de Vaughan; et l'on se convaincra que les différences invoquées par M. Sibly ne permettent pas une distinction spécifique, encore moins une distinction générique.

M. Vaughan (2) décrit un polypier à zone vésiculaire s'enlevant facilement et présentant alors un contour festonné. Le savant professeur de Bristol en faisait une mutation locale de *Caninia cylindrica* se distinguant par sa petite taille, par conséquent par le plus petit nombre de septa, et par l'enlèvement fréquent de la zone vésiculaire externe. Les spécimens décrits de la collection Stoddart « proviennent d'une couche déterminée de l'Avon Gorge, où ils sont associés avec ***Lithostrotion Martini*** ». Cette mutation, qu'il appelle var. ***Bristoliensis***, est donc de la zone S_1 (cf. le tableau de Vaughan dans notre Introduction, p. 8).

Dans la suite (3), le même auteur a fait rentrer cette variété dans la synonymie de *Caninia cylindrica* mut. S_1, que nous rapportons à *Caninia patula*.

---

(1) SIBLY, *Quaterly Journal*, vol. LXII, pars 2, 1906, p. 367, pl. XXXI, fig. 1.

(2) A. VAUGHAN, *Proc. Bristol Nat. Soc.*, nov. ser., vol. X, pars 2, 1903, p. 103, pl. I, fig. 4.

(3) IDEM, *Quaterly Journal*, vol. LXI, 1905, p. 273, pl. XXIII, fig. 1*a*.

M. Vaughan nous a confirmé l'identité de sa var. *Bristoliensis* avec sa mutation S_1, de sorte que nous l'excluons de la synonymie de *Caninia cylindrica.*

A. Struve, dans *Abhandlung über die Schichtenfolge in den Carboablagerungen in südlichen Theil des moskauer Kohlenbeckens* (1), décrit comme *Caninia cylindrica* une forme fort différente de la nôtre :

1° La zone vésiculaire est très serrée et il n'y a pas de grandes vésicules;

2° Les septa sont épaissis dans tous les cadrans et il existe une muraille interne mince et continue;

3° Les septa mineurs dépassent de beaucoup la zone vésiculaire externe;

4° Les planchers ne sont pas gondolés, mais plats.

M. A. Stuckenberg, qui a étudié à nouveau les échantillons de Struve, l'a appelée *Caninia rossica* (2).

La forme figurée par ce dernier auteur comme *Caninia cylindrica* dans *Korallen und Brioz. der Steinkohlenablagerungen des Urals und des Timan* (3) n'est pas l'espèce décrite ici : en effet, les septa y sont très courts, mais vont jusqu'à la paroi; il n'y a pas de grandes vésicules; les planchers sont serrés et plus vésiculeux; les vésicules périphériques ne sont pas allongées dans le sens de la hauteur, mais elles sont presque hémisphériques (4).

Quant à *Caninia Gebaueri* Stuckenberg (5), elle se rapproche de *Caninia cylindrica;* elle en diffère surtout par l'absence de grandes vésicules.

Nous rapportons à notre *Caninia cylindrica*, la *Caninia cylindrica* mut. γ que M. Gröber (6) décrit et figure comme identique en tous points à la mutation de Vaughan. Nous ferons observer à ce sujet combien la seule coupe figurée par M. Gröber diffère de celle figurée par M. Vaughan; pour pouvoir faire pareille assimilation, il aurait fallu admettre notre thèse d'après laquelle toutes ces formes, qui paraissent si différentes lorsqu'on n'en examine qu'une seule coupe, ne sont en réalité que des modifications intervenant au cours de la croissance d'une même forme, comme l'examen de nos coupes faites dans un même polypier le démontre manifestement.

Cet examen amène également à reconnaître que la *Caninia cylindrica* mut. C_2 (7) de M. Gröber ne peut être séparée de *cylindrica* typique.

---

(1) *Mém. Acad. imp. des Sciences,* Saint-Pétersbourg, t. XXXIV, n° 6, 1886.

(2) *Mém. Com. géolog.,* Saint-Pétersbourg, 1904, n. s., liv. 14, p. 88 du texte allemand, pl. IV, fig. 1.

(3) *Ibidem,* 1895, vol. X, liv. 3, pl. VIII, fig. 1.

(4) D'après la fig. 1*d* (coupe verticale), une autre différence des plus notables semblerait exister entre l'espèce figurée par Stuckenberg et *C. cylindrica,* c'est-à-dire le bombement du milieu des planchers *vers le bas.* Nous croyons cependant que la coupe figurée est retournée; il serait difficile, en effet, de la concilier avec 1*b*, où les planchers possèdent une forte dépression latérale.

(5) A. STUCKENBERG, *op. cit.,* p. 195, pl. IX, fig. 2.

(6) P. GRÖBER, *Bull. de la Soc. belge de Géol.,* t. XXIV, 1910, p. 43, pl. II, fig. 1.

(7) IDEM, *ibidem,* p. 43, pl. II, fig. 3.

Quant à *Caninia cylindrica* mut. S_1 de M. Gröber, elle doit être rapportée à *Caninia patula* (voir à cette espèce), de même que *Canino cyathophyllum* mut. C_2. Quant à la mut. C_4, nous la discuterons à propos de *Caninia patula*.

Le procédé de représentation des coupes employé par Thomson ne nous permet pas de décider quelles sont les formes de ses *Campophyllum* (1) qui doivent se rapporter à notre *Caninia cylindrica*. Nous ne doutons pas cependant qu'une étude sur les spécimens mêmes analysés par Thomson ne fasse rentrer dans l'espèce *Caninia cylindrica*, telle que nous la délimitons ici, plusieurs des espèces de *Campophyllum* décrites en 1883 et 1893 par cet auteur. Notons que M. Vaughan (2) a rapporté déjà, quoique avec doute, à la *Caninia cylindrica* Scouler, les formes *Campophyllum Murchisoni*, *Campophyllum cylindricum* et *Campophyllum giganteum* Thomson (1883). Nous pensons donc que la synonymie que nous donnons ci-dessus devra encore être élargie.

De Koninck mentionne, pour caractériser *Zaphrentis bullata* (3), la présence de larges vésicules. Les échantillons de *Zaphrentis* De Koninck dont nous disposions étaient tellement friables que, malgré de multiples essais, nous ne sommes pas parvenu à y faire une série de coupes complètes. Cependant l'étude comparative de plusieurs coupes fragmentées nous a permis de constater que ces formes réalisaient les stades I et début de II que nous décrivons ci-dessus. Nous nous croyons donc autorisé à considérer *Zaphrentis bullata* De Koninck comme la forme jeune de *Caninia cylindrica* Michelin.

Si *Caninia cylindrica* doit entrer dans un genre différent de *Cyathophyllum* et de *Zaphrentis*, peut-on les ranger dans le même genre que *Caninia cornucopiae* Michelin *emend.* Carruthers ?

Caninia cylindrica diffère de *Caninia cornucopiae :*

1° par une taille plus grande;

2° par un plus grand nombre de septa, qui, par conséquent, sont plus serrés;

3° par la largeur et l'apparition plus précoce de la zone marginale de dissépiments, alors que *Caninia cornucopiae* n'a qu'une mince bordure dissépimentale et que celle-ci n'apparaît qu'au stade final;

4° par la présence dans la région la plus externe de grandes vésicules, dont le développement fait disparaître, dans cette région, les septa continus.

La présence d'une fossette « ouverte » et bien apparente, la nature des

---

(1) THOMSON, *Proc. Phil. Soc.*, Glascow, vol. XIV, 1883, pp. 376 seq.; *Proc. Irish Acad.*, ser. 3, vol. II, 1893, pp. 697 seq.

(2) A. VAUGHAN, *Quaterly Journal*, vol. LXI, 1905, p. 272.

(3) DE KONINCK, *Nouvelles recherches*, 1872, p 86, pl. VII, fig. 6.

planchers essentiellement semblables dans les deux espèces sont des caractères autrement importants au point de vue générique que la taille et le nombre de septa.

Le troisième point de différence, c'est-à-dire l'apparition plus précoce d'un tissu vésiculeux, marque certainement chez *Caninia cylindrica* une tendance plus marquée vers la structure Cyathophylloïde; cependant la séparation d'avec *Cyathophyllum* est très nette, et cette tendance commence d'ailleurs à se manifester dans *Caninia cornucopiae*, puisque nous y observons aussi, — seulement à l'âge adulte il est vrai, — des vésicules périphériques identiques à celles qui forment la zone externe de *Caninia cylindrica*, et que la variété ***vesicularis*** a déjà ses vésicules dès le jeune âge.

Le quatrième point différencie notre espèce de *Cyathophyllum* autant que des autres *Caninia*. C'est le seul, à notre avis, qui pourrait légitimer la création d'un nouveau genre; mais comme il ne s'agit en somme que d'un mode spécial de développement du tissu vésiculeux, nous n'avons pas cru devoir lui attribuer une valeur générique.

Répartition stratigraphique.

En Angleterre, dans la région de Bristol (1), *Caninia cylindrica* se rencontre occasionnellement au sommet du Z_2, devient fréquent en γ et se continue en *C*. M. Vaughan le signale notamment à Clifton, Leigh, Woods, Failand, Tytherington, Clevedon.

M. Vaughan donne un second maximum en S_1, en se basant sur sa var. ***Bristoliensis*** de *Caninia cylindrica*. Nous n'avons pas repris ce second maximum pour *Caninia cylindrica*, parce que nous rapportons cette forme à *Caninia patula* (voir à cette espèce) et non à *Caninia cylindrica*.

Dans la région des Mendip Hills, notamment dans la district des Ebbor Rocks et à Burrington, M. Sibly (2) note également l'apparition de *Caninia cylindrica* dans la sous-zone Z_2, avec maximum à l'horizon γ. La même remarque que plus haut est à faire au sujet de la mutation S_1.

A Weston (Somerset), M. Sibly l'a rencontré en Z_2 et jusque dans C_2 (3). Dans le Westmoreland et le West Yorkshire, il caractériserait C_2 et S_1 d'après M. Garwood (4).

En Belgique, nous avons trouvé *Caninia cylindrica* dans le *Calcaire à cherts d'Yvoir*. De même dans le Petit-granit d'Yvoir, où M. Gröber le signale

(1) A. Vaughan, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, 1905, p. 243.
(2) Sibly, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXII, 1906, pp. 329 et 365; *Proc. Geol. Assoc. London*, vol. XX, pars 2, 1907, p. 68.
(3) Idem, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, ibidem, vol. LXI, 1905.
(4) Garwood, *Geol. Magaz.*, d. s., dec. V, vol. IV, 1907, pp. 70 et 73.

également (mut. γ) (1). Cette espèce est d'ailleurs assez abondante dans tout le Petit-granit; elle est notamment signalée à Ligny et à Feluy par M. Delépine (2), aux Écaussines et à Soignies par M. Delépine et par M. Gröber (1).

D'après Delépine, *Caninia cylindrica* serait cependant plus abondant dans les couches qui surmontent le Petit-granit; outre les endroits précités, il note encore Vaulx, Chercq, Calonne, Pont-à-Rieux (2).

Les gisements précédents se trouvent dans des couches qui doivent être rapportées au Tournaisien. On a rencontré encore *Caninia cylindrica* au niveau inférieur du Viséen : à Landelies, le Calcaire gris-noir à *Chonetes papilionacea*, à Marche-les-Dames, à Namèche et entre Huy et Flémalle-Haute dans la dolomie à encrines et à *Cyathophyllum* φ (2).

Enfin, on le rencontre (3) dans les bancs de Calcaire noir rapporté au Marbre noir de Dinant à Sovet (vallée du Bocq) (4).

CANINIA CYLINDRICA VAR. HERCULINA DE KONINCK.

PLANCHE V, fig. 2.

1872. **Zaphrentis Herculina** De Koninck, *Nouvelles recherches*, p. 89, pl. IX, fig. *1a* et *1b*.

De Koninck, dans ses *Nouvelles recherches* (p. 89), décrit une forme pour laquelle il a créé le nom de *Zaphrentis Herculina :*

Polypier très long, subcylindrique, irrégulièrement conformé et contourné sur lui-même, à épithèque très forte et à bourrelets d'accroissement très épais et irréguliers. Le calice est subcirculaire, en forme d'entonnoir très profond et peu évasé; le nombre total de ses cloisons est de quatre-vingt-dix; elles sont minces, ondulées sur leur bord et alternativement un peu plus petites les unes que les autres; elles se dirigent en rayonnant vers le fond du calice qui paraît être formé d'un petit plancher lisse et central; la fossette septale est petite, peu distincte et située du côté de la courbure principale. Les loges interseptales sont très vésiculeuses; les vésicules sont assez petites et s'observent facilement par l'enlèvement de la moindre partie de l'épithèque.

---

(1) GRÖBER, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, vol. XXIV, 1910, Mém. cité.

(2) DELÉPINE, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, vol. XXIV, 1910, Mém. cité.

(3) DELÉPINE, *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, vol. XXXVII, 1910, Bull., pp. 920 et 921.

(4) Nous avons trouvé en plusieurs endroits, notamment à Hastière et à Insemont, à partir du niveau calcaréoschisteux qui surmonte immédiatement le Calcaire d'Hastière, de très nombreux polypiers de taille élancée. Déjà nous possédons de très belles séries de coupes de ces formes qui nous ont paru d'un grand intérêt; nous en avons commencé l'étude dont nous publierons les résultats dans un prochain mémoire. — Ces formes paraissent se rapporter à *Caninia cylindrica*, mais comme des *mutations antécédentes* se distinguant notamment par le faible développement de la zone vésiculaire.

Nous avons examiné au Musée d'histoire naturelle de Bruxelles l'échantillon unique sur lequel De Koninck avait foudé son espèce : le nombre *total* des cloisons n'est pas de quatre-vingt-dix, mais de cent-six, nombre que donne d'ailleurs la figure 1*a*, planche IX de De Koninck.

Ayant eu la bonne fortune de mettre la main sur un autre échantillon de *Zaphrentis Herculina* possédant tous les caractères décrits par De Koninck et tout à fait semblable au type, avec soixante-deux septa principaux, nous en avons fait l'étude à l'aide de coupes minces.

Caractères externes.

La *forme extérieure* et les caractères de l'*épithèque* sont complètement identiques à ceux que nous avons donnés pour *Caninia cylindrica* typique.

Le *calice* est très profond, un peu évasé. Les septa descendent vers un plancher réduit, sur lequel ils se prolongent en formant une très légère saillie, mais laissant toutefois un petit espace libre au centre.

La *fossette* n'est pas très marquée, mais elle est « très ouverte ».

Pour un diamètre du calice de 7 centimètres, il y a soixante-deux septa principaux, avec lesquels alternent des septa mineurs assez marqués.

Caractères internes.

a) Sections horizontales.

(Pl. V, fig. 2*c* et 2*d*.)

Une seule différence existe avec les sections horizontales de *Caninia cylindrica* typique; au dernier stade, la zone vésiculaire externe se compose encore de deux régions : une région à vésicules plus petites et une région, plus extérieure, à grandes vésicules.

La région à petites vésicules est de loin la plus large; les septa *majeurs* ne vont pas jusqu'à l'épithèque, mais les tronçons qui sont sur leur direction vers l'extérieur intéressent plusieurs vésicules, au lieu d'être, comme dans *Caninia cylindrica* typique, de simples saillies sur la paroi externe des vésicules.

b) Sections verticales.

(Pl. V, fig. 2*a*.)

Nous ne pourrions que répéter ici la description que nous avons faite des sections verticales de *Caninia cylindrica* typique. La seule comparaison de la figure 1*g* de la planche III, avec la figure 2*a* de la planche V, est suggestive.

Une coupe verticale grossière à travers *Caninia cylindrica* var. ***Herculina*** montre, comme dans le type, la faible saillie des septa au centre du polypier. (Pl. V, fig. 2*b*.)

Les septa n'y atteignent pas le plancher immédiatement supérieur à celui qui les porte. Du peu d'élévation des septa en cet endroit et de l'espacement des planchers il résulte que la généralité des coupes horizontales ne présentera que des septa assez distants du centre, et ayant, par conséquent, un certain aspect amplexoïde.

La ressemblance frappante des caractères de notre forme avec ceux de *Caninia cylindrica* typique ne nous semble pas permettre une distinction spécifique ; nous la considérons donc comme une simple variété de *Caninia cylindrica,* caractérisée par la persistance à l'âge adulte de la sous-zone à petites vésicules et par une réduction moins complète des septa dans la zone vésiculaire externe.

CANINIA PATULA Michelin.

Planches VI, VII et VIII, figure 1.

1826. ? **Cyathophyllum plicatum** Goldfuss, *Petref.*, p. 54, pl. XV, fig. 2.

1842. **Cyathophyllum plicatum** De Koninck, *Description des anim. foss.*, p. 22, pl. C, fig. 4*a*, 4*b* (coeteris excl.).

1846. **Caninia patula** Michelin, *Icon. zooph.*, p. 255, pl. LIX, fig. 4.

1849. — M'Coy, *Ann. and Mag. of Nat. Hist.*, 2e sér., t. III, p. 133.

1850. — D'Orbigny, *Prodrome*, I, p. 158.

1851. **Zaphrentis tortuosa** Milne-Edwards et Haime, *Polyp. foss. Terr. Pal.*, p. 335.

— **Zaphrentis patula** Idem, *ibidem*, p. 338.

— **Cyathopsis fungites** M'Coy, *Brit. Pal. Foss.*, p. 91.

1852. **Zaphrentis patula** Milne-Edwards et Haime, *Brit. Foss. Corals*, p. 171.

1854. — J. Morris, *Cat. of Brit. Foss.*, p. 69.

1860. **Zaphrentis tortuosa** Milne-Edwards, *Hist. nat. des Corall.*, III, p. 342.

— **Zaphrentis patula** Idem, *ibidem*, p. 345.

1861. **Zaphrentis tortuosa** De Fromentel, *Introd. à l'étude des Pol. foss.*, p. 283.

— **Zaphrentis patula** Idem, *ibidem*, p. 286.

1868. — J. Young, *Trans. of the Geol. Soc. of Glascow*, I, p. 58.

1869. — B. Craig, *ibidem*, III, p. 290.

1871. — De Koninck, *Nouvelles recherches*, p. 87, pl. VIII, fig. 2.

1871. **Zaphrentis tortuosa** Idem, *ibidem*, p. 91, pl. IX, fig. 2.

1876. **Cyathophyllum** sp. Thomson et Nicholson, *Ann. and Mag. Nat. Hist.*, sér. 4, vol. XVII, p. 62, pl. VII, fig. 8.

1903. **Caninia cylindrica** var. **Bristoliensis** Vaughan, *Proc. Bristol Nat. Soc.*, n. s., vol. X, pars 2, p. 103, pl. I, fig. 4.

1905. **Caninia cylindrica**, mut. S_1, Vaughan, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXI, p. 273, pl. XXIII, fig. 1*a*.

1909. **Campophyllum cylindricum** Douglas, *Quat. Journ. Geol. Soc.*, vol. LXV, p. 578, pl. XXVII, fig. 8 (non Thomson).

1910. **Caninia cylindrica**, mut. S_1, Gröber, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, XXIV, Mém., p. 43, pl. II, fig. 2.

— ? **Canino-cyathophyllum** C_4, *ibidem*, p. 43, pl. II.

— **Canino-cyathophyllum** C_2, Idem, *ibidem*, p. 44, pl. II, fig. 4.

— **Cyathophyllum aff.** φ Idem, *Ibidem*, p. 45, pl. II, fig. 5-6.

Caractères externes.

Polypier simple, ayant ordinairement l'aspect d'une corne, se présentant le plus souvent sous deux formes : l'une s'élargissant rapidement (*Zaphrentis patula*), l'autre s'allongeant très fort et devenant cylindrique en coupe (*Zaphrentis tortuosa*) (1). Le polypier est souvent plus ou moins tordu, surtout dans la partie inférieure.

L'épithèque, dans les échantillons bien conservés, montre une striation longitudinale très apparente, croisée par une striation annulaire plus grossière. Souvent l'épithèque est enlevée et laisse apercevoir un tissu vésiculeux.

Nombreux bourrelets d'accroissement avec plusieurs interruptions de continuité dans l'épithèque, le polypier reprenant la croissance avec un rayon plus petit.

Calice profond, subcirculaire, à bords tranchants; par suite du remplissage des espaces intercloisonnaires par des traverses dissépimentales, les *septa majeurs* apparaissent comme de faibles saillies; presque nulle à leur extrémité supérieure, leur saillie s'accentue un peu à mesure qu'ils s'approchent du fond du calice, vers lequel ils descendent sous une inclinaison très forte.

Arrivés au fond du calice, les septa s'incurvent et courent sur le plancher, souvent en se bombant un peu vers le haut. Ils se réunissent en formant une légère dépression, située un peu plus près du bord cardinal que du bord opposé.

Les *septa mineurs* sont à peine marqués.

---

(1) Nos études nous ont fait reconnaître que ces deux formes, décrites jusqu'aujourd'hui comme des espèces distinctes, ne diffèrent absolument que par le caractère que nous venons d'indiquer.

La *fossette* entaille fortement la paroi du calice, mais sans grande profondeur dans le plancher. Elle n'est pas fermée vers l'intérieur par la réunion en bande continue des septa avoisinant le septum cardinal; plusieurs septa voisins du septum cardinal se terminent à leur extrémité interne en chevauchant irrégulièrement les uns sur les autres.

Au milieu de la fossette se trouve le septum cardinal avec deux ou trois septa plus longs que le cardinal, mais moins saillants que les autres septa majeurs.

La fossette, en général, se trouve du côté de la grande courbure du polypier avec une tendance à se reporter latéralement.

Caractères internes.

a) Coupes horizontales.

Stade I (pl. VI, fig. *1h* et *2h-j*; pl. VII, fig. *2e* et *2f*; pl. VIII, fig. *1f*). — Les septa vont jusqu'à l'épithèque; ils laissent au centre du polypier une région variable en étendue et occupée par une ou deux intersections tabulaires.

Ces septa sont entourés sur toute leur longueur d'un revêtement de stéréoplasme qui va en s'amincissant de l'extérieur vers l'intérieur. Ces épaississements se limitent très tôt aux deux cadrans principaux, ou, en tout cas, les affectent de préférence.

Faisant corps avec les épaississements des septa, une bande de stéréoplasme formant une muraille continue se remarque contre l'épithèque.

A certains endroits, elle se décolle de l'épithèque, préludant ainsi au stade suivant (pl. VI, fig. *2h*).

La fossette est marquée par un espacement plus grand des deux septa avoisinant immédiatement le septum cardinal : ces deux septa s'écartent, en effet, un peu obliquement du septum cardinal en avançant vers l'intérieur (pl. VI, fig. *2i*).

La fossette est du type « ouvert » et le reste jusqu'au stade le plus différencié. Des intersections tabulaires pourraient faire croire à première vue à l'existence d'une bordure interne continue, mais on s'aperçoit rapidement que même le septum cardinal peut dépasser cette pseudo-bordure interne.

Le septum cardinal est droit.

Entre les septa il y a très peu de dissépiments.

Stade II (très vite atteint) (pl. VI, fig. *1e-g* et *2g*; pl. VII, fig. *2c*, *2d* et *3f*; pl. VIII, fig. *1e*). — La muraille, collée au premier stade contre l'épithèque, se détache complètement de celle-ci; il y a maintenant une zone vésiculaire externe d'abord d'une seule rangée, qui va se développer par addition de nouvelles rangées de vésicules (pl. VI, fig. *2g*).

La séparation entre la zone moyenne et la zone vésiculaire externe est très nette dans les cadrans cardinaux, par suite des arcs stéréoplasmiques réunissant les septa et formant muraille interne; la séparation est moins tranchée dans les cadrans opposés où la muraille n'a plus cette importance; cependant la zone vésiculaire a de nombreuses vésicules, tandis que la zone moyenne n'a que quelques lignes dissépimentales (pl. VI, fig. 1*g*).

Dans tous les cadrans, les septa traversent la zone vésiculaire, mais n'y sont pas épaissis; ils sont cependant nettement marqués et vont jusqu'à l'épithèque.

Dans les formes tortueuses, les vésicules se développent plus tôt dans les cadrans opposés, de sorte que la bande stéréoplasmique est encore collée contre l'épithèque dans les cadrans cardinaux, alors que déjà les vésicules sont développées dans les deux autres cadrans (pl. VIII, fig. 1*e*).

La fossette est marquée par l'espace plus grand que laissent entre eux le septum cardinal et les deux septa voisins : ces derniers courent maintenant presque parallèlement entre eux et au septum cardinal.

Les septa épaissis des cadrans principaux s'infléchissent *pour converger vers un point excentrique situé sur l'axe de symétrie du côté de la fossette;* mais ils peuvent s'arrêter avant d'y parvenir en se terminant par leur extrémité contre un autre septum.

Les extrémités internes des septa sont souvent très curieusement tordues.

Stade III (pl. VI, fig. 1*c*, 1*d* et 2*a-f*; pl. VII, fig. 2*a*, 2*b* et 3*d*; pl. VIII, fig. 1*b* et 1*d*). — Les septa mineurs ont fait leur apparition; ils ne dépassent jamais, vers l'intérieur, la zone vésiculaire externe.

La coupe comprend trois zones, larges toutes trois :

1° Une zone vésiculaire externe à fines vésicules. Elle est délicatement radiée jusqu'à l'épithèque par les fins prolongements des septa majeurs et par les fins septa mineurs. C'est la présence de ces derniers qui rend les vésicules plus petites qu'au stade précédent. Par-ci par-là, on peut voir cependant une vésicule plus développée qui interrompt la continuité de certains septa.

2° Une zone moyenne limitée extérieurement par la muraille interne que forment, dans les cadrans principaux, les arcs stéréoplasmiques et, dans les cadrans opposés, une ligne de vésicules plus serrée et plus irrégulière. Dans cette zone, quelques lignes dissépimentales unissent les septa. Elle n'est pas nettement limitée de la zone centrale.

Le septum cardinal et les septa immédiatement voisins font saillie dans la zone vésiculaire par leur épaississement stéréoplasmique; la muraille interne à cet endroit pénètre dans la zone vésiculaire externe.

3° Une zone centrale. Les septa majeurs y atteignent presque le centre, et quelques-uns d'entre eux semblent se prolonger par quelques intersections tabulaires.

La fossette garde les caractères du stade précédent, mais, vers la fin de la phase, la symétrie radiaire s'accentue.

STADE IV (pl. VII, fig. 3*b* et 3*c*; pl. VIII, fig. 1*a*). — Un quatrième stade peut être atteint, qui rapproche *Caninia patula* de *Cyathophyllum*.

La symétrie bilatérale tend à disparaître pour faire place à une symétrie radiaire. La convergence des septa vers un point rapproché de la fossette a cessé; l'épaississement stéréoplasmique seul, et d'ailleurs beaucoup diminué, permet de reconnaître encore un septum cardinal parce que, en ce point, cet épaississement fait saillie dans la zone vésiculaire.

b) COUPE VERTICALE (pl. VII, fig. 1 et 4).

Zone centrale : planchers très rapprochés, s'élevant vers le haut en forme de tertre légèrement ondulé; leurs anastomoses, d'ailleurs peu serrées, limitent quelques très larges vésicules.

Zone moyenne : la rencontre de la trace des planchers avec celle des septa détermine un marquetage très serré. Les septa ne montent pas en courbes régulières, mais ils sont très sinueux.

Zone externe : vésicules allongées dans le sens de la hauteur, convexes vers l'intérieur et obliques vers le haut et vers l'extérieur. Cette zone commence à une certaine hauteur du polypier (stade II), puis s'élargit au fur et à mesure de l'accroissement. Les vésicules qui se trouvent à la limite interne de cette zone sont plus petites et plus serrées. Les planchers ne s'étendent pas dans cette zone vésiculaire, mais s'arrêtent net.

Dimensions moyennes.

Hauteur d'un individu adulte : forme large (*patula*), 6 centimètres; hauteur d'un individu adulte : forme longue *tortuosa*), 12 centimètres; diamètre du calice : 3 centimètres; profondeur du calice : 1^{cm}5; nombre de septa majeurs dans le calice pour les hauteurs données : 50.

Sous le nom de *Cyathophyllum plicatum* Goldfuss, De Koninck décrit, dans sa *Description des animaux fossiles* (1), et figure quatre échantillons de Tournai au sujet desquels, dit-il, « il n'a aucun doute que ses échantillons ne soient parfaitement identiques avec l'espèce décrite par Goldfuss », la comparaison qu'il a pu établir entre eux « dans la collection même du Musée de Bonn le rassure complètement à cet égard ».

Dans ses *Nouvelles recherches*, De Koninck dit avoir reconnu qu'il a confondu plusieurs espèces complètement différentes : des quatre échantillons de son soi-disant *Cyathophyllum plicatum* Goldf., le premier devient un *Amplexus ibicinus* (2);

(1) DE KONINCK, *Description des animaux fossiles*, p. 22, pl. C, fig 4, *a, b, c, d, e, f, g*.
(2) IDEM, *Nouvelles recherches*, p. 69.

le deuxième, un *Zaphrentis patula* (1); le troisième, un *Zaphrentis tortuosa* (2); enfin le quatrième, un *Cyathaxonia Konincki* (sic) (3).

La figure que donne Goldfuss de son *Cyathophyllum plicatum* (4) nous inclinerait à identifier cette espèce avec celle que nous étudions; dans ce cas, le nom de *Caninia plicata* devrait lui être attribué. Mais, comme il s'agit là d'une espèce américaine, et que l'occasion ne nous a pas été donnée de voir le type figuré par Goldfuss, nous avons préféré ne pas donner à notre espèce le nom d'une espèce à laquelle elle ne se rapporte qu'avec doute.

L'espèce figurée par Michelin (*Icon. Zooph.*, p. 255, pl. LIX, fig. 4) sous le nom de *Caninia patula* et provenant du Calcaire carbonifère de Belgique, nous paraît bien être la forme large de notre espèce au stade II, lorsque la zone vésiculaire est encore faiblement développée.

Parmi les caractères décrits par Milne-Edwards et Haime (échantillons non figurés) et par De Koninck de *Zaphrentis patula*, il faut surtout noter une large « fossette ne s'étendant pas jusqu'au centre, quarante à cinquante cloisons bien développées et n'atteignant pas le centre du calice ».

Ces caractères concordent parfaitement avec ceux énoncés plus haut pour les premiers stades. Ces auteurs ne mentionnent pas de zone vésiculaire externe; cependant la figure donnée par De Koninck (*Nouvelles recherches,* pl. VIII, fig. 2) montre bien ces vésicules périphériques; nous avons vu d'ailleurs au Musée de Bruxelles l'échantillon figuré : la zone vésiculaire y est très marquée, il représente le stade II à un degré plus avancé que le spécimen de l'*Iconographie* de Michelin (5).

Cette zone vésiculaire, au contraire, est mentionnée pour *Zaphrentis tortuosa* (De Koninck, *Nouvelles recherches,* p. 91) (6), en même temps qu'une « fossette pas très large, mais très apparente » et cinquante septa majeurs se réunissant au centre en s'infléchissant un peu sur eux-mêmes à une petite distance de celui-ci (stade III et début de IV).

Nous rapportons au même stade de *Caninia patula* Michelin revisé une coupe figurée par Thomson et Nicholson (7). Les arcs stéréoplasmiques n'y existent pas, mais les épaississements des septa persistent, et il y a une saillie extraordinairement forte dans la zone vésiculaire externe de cet épaississement affectant les septa de la fossette.

---

(1) De Koninck, *Nouvelles recherches,* p. 87.
(2) Idem, *ibidem,* p. 91.
(3) Idem, *ibidem,* p. 112.
(4) Goldfuss, *Petref.,* pl. XV, fig. 12.
(5) Le calice est identique à celui que nous avons figuré planche XIII.
(6) L'échantillon figuré, que nous avons vu au Musée royal de Bruxelles, a une zone vésiculaire très épaisse.
(7) *Ann. and Magaz. Nat. Hist.,* 4e sér., vol. XVII, 1876, p. 62, pl. VII, fig. 8.

Un bel exemple de la fin du stade III, mais avec épaississement exceptionnellement notable dans les cadrans *opposés*, est fourni par la forme décrite par Vaughan sous le nom de mutation S_1 de *Caninia cylindrica*.

M. Vaughan a eu l'amabilité de nous envoyer le spécimen figuré par lui (*Quat. Journ.*, vol. 61, 1909, pl. XXII, fig. 1*a*) sous le nom de *Caninia cylindrica* mut. S^1. L'examen de cet échantillon nous a confirmé dans l'opinion que nous nous étions faite d'après la figure. Bien que cette forme possède une zone vésiculaire externe plus développée que dans les échantillons de *Caninia patula* que nous possédons, pour le même stade d'épaissement stéréoplasmique, nous n'y voyons *aucune différence spécifique* et nous rapportons *Caninia cylindrica* mut. S_1 (= *Caninia cylindrica* var. *Bristoliensis*) à *Caninia patula*.

L'absence de toute figure et l'obscurité de la description donnée par De Angelis d'Ossat d'une forme de Monte Pizzul, qu'il nomme *Caninia* cf. *Koksharowi* (1), ne nous a pas permis de juger avec certitude si cette forme se rattache à l'une des espèces que nous décrivons. Nous sommes tenté de la rapporter à *Caninia patula* à cause des caractères que l'auteur a pu constater malgré l'état de conservation défavorable de ses échantillons : fossette renfermant un court septum; pour une taille de 20 millimètres, soixante septa majeurs atteignant le centre, ceux avoisinant la fossette étant imprégnés de stéréoplasme; *suture* des septa très visible; zone vésiculaire externe délicate, dans laquelle les septa ne sont plus épaissis par du stéréoplasme.

Nous avons déjà dit, lors de la discussion du genre *Caninia*, que M. Douglas se rangeait à l'avis de Thomson pour placer nos grands *Caninia* dans le genre *Campophyllum*. Il ne faudrait pas cependant s'imaginer que la forme décrite par Douglas sous le nom de *Campophyllum cylindricum* Scouler (2) soit *Caninia cylindrica*. Voici les caractères que cet auteur donne de ce *Campophyllum cylindricum* :

Large zone vésiculaire externe complètement radiée par les deux séries de septa; sous ce rapport, ressemble à la forme caractéristique de S_1 dans le Sud-Ouest de la Grande-Bretagne. Il possède cependant des septa plus nombreux et plus épais, sa structure étant quelque peu Cyathophylloïde en apparence, bien que la fossette septale et les septa épaissis associés soient très marqués.

Il est manifeste qu'il s'agit là de *Caninia patula* : la figure donnée par Douglas correspond parfaitement aux nôtres et les descriptions sont identiques.

M. Gröber propose « de diviser la zone à Syringothyris en quatre parties, dont la supérieure est caractérisée par *Cyathophyllum* φ Typus et *Canino cyathophyllum* C_4, la partie C_3 par *Cyathophyllum aff.* φ, la partie C_2 par *Canino*

(1) Contribuzione allo studio delle fauna fossil paleozoica delle Alpi Carnichi. I. Coralli et Briozi del Carbonifero. *Atti della R. Accademia dei Lincei*, sér. V, 1895, Mem. clas. scienze.

(2) DOUGLAS, *Quat. Journ. Geolog. Soc.*, vol. LXV, 1909, p. 578, pl. XXVII, fig. 8.

cyathophyllum C_2 ». « Je n'ai pas trouvé, ajoute-t-il, assez de fossiles dans la partie inférieure C_1 pour pouvoir indiquer de fossiles caractéristiques (1). »

Canino cyathophyllum C_2 et les *Cyathophyllum aff.* φ ne sont pas autre chose que *Caninia patula*, comme une simple inspection des figures permet de le vérifier. Il ne peut donc être question d'en faire les caractéristiques de deux horizons paléontologiques dans la zone C.

Quant à *Canino cyathophyllum mut.* C_4, en l'absence de toute figure, nous croyons devoir réserver notre opinion. En effet, nous n'avons jamais rencontré dans aucun polypier la tendance à passer au stade de petites vésicules après avoir passé par un stade à larges vésicules. D'autre part, *Caninia patula*, auquel pourrait s'appliquer la description au stade adulte, ne présente à aucun stade de son développement une *zone* à larges vésicules.

Pour la revision de cette espèce, nous ne nous sommes pas contenté de faire quelques coupes à des hauteurs différentes dans le polypier; mais, pour serrer de plus près la question des variations intervenant au cours de la croissance, nous avons multiplié les coupes dans plusieurs des échantillons examinés. C'est ainsi que nous avons réussi à obtenir quarante coupes dans l'échantillon représenté planche VI, figure 2, et dont quelques-unes seulement sont reproduites. De cette façon, nous avons pu, pour ainsi dire, suivre pas à pas le processus évolutif du type étudié et éliminer de la description des éléments variant sans cesse, pour nous attacher aux caractères vraiment distinctifs des stades d'accroissement.

Caninia patula diffère de *Caninia cornucopiae* Michelin *emend.* Carruthers :

1° par sa zone vésiculaire développée;

2° par l'absence de phase à septa amplexoïdes.

Ces deux espèces se ressemblent :

1° par les caractères de la fossette;

2° par la présence d'une muraille stéréoplasmique;

3° par leurs planchers bombés vers le haut et individualisés;

4° par la disposition des septa épaissis et concaves vers la fossette.

Ces ressemblances, portant sur des caractères très importants qui séparent précisément ces deux espèces du genre *Cyathophyllum*, nous décident à les placer dans le même genre.

Caninia patula diffère de *Caninia cylindrica* tel que nous le décrivons :

a) En coupe horizontale :

1° dans *Caninia cylindrica* il y a une bordure extraseptale de larges vésicules périphériques, tandis que chez *Caninia patula*, les septa se continuant jusqu'à

(1) Gröber, *Bull. Soc. belge de Géologie*, XXIV, 1910, *Mém.* p. 30.

l'épithèque, les vésicules sont interseptales dans toute la largeur de la zone vésiculaire;

2° dans *Caninia cylindrica*, les septa mineurs, dans la zone vésiculaire, n'apparaissent que comme de légères saillies sur les parois des vésicules; dans *Caninia patula*, ils sont régulièrement développés dans toute la zone vésiculaire;

3° dans *Caninia cylindrica*, le septum cardinal est toujours court; il varie de longueur et est parfois fort long dans *Caninia patula;*

4° dans *Caninia cylindrica*, les septa ne convergent pas vers un point excentrique situé du côté de la fossette; chez *Caninia patula*, cette disposition est réalisée.

Ce dernier point de différence est particulièrement important pour la détermination des échantillons en pleine roche; en effet, la zone vésiculaire externe est assez souvent détruite, et l'aspect si caractéristique des vésicules ne peut, dans ce cas, être invoqué pour la distinction des deux espèces (1).

b) En coupe verticale :

1° les planchers, chez *Caninia cylindrica*, sont plus espacés, moins surélevés et ne présentent presque pas d'anastomoses; ils décrivent des courbes plus régulières;

2° dans la région centrale de *Caninia cylindrica*, les septa ne s'étendent pas en hauteur d'un plancher à l'autre, tandis qu'ils sont continus dans *Caninia patula*.

Cyathophyllum φ Vaughan, *au stade jeune*, tel que le représente M. Vaughan, ressemble beaucoup à *Caninia patula*. Il en diffère par le nombre plus élevé de ses septa et la finesse de ses vésicules interseptales.

Le *Cyathophyllum* φ Vaughan *adulte* diffère de *Caninia patula* :

1° par l'absence de tout épaississement stéréoplasmique *localisé*, ce qui donne une épaisseur uniforme aux septa, et l'absence de muraille interne stéréoplasmique remplacée ici par une muraille de vésicules plus fines et plus serrées, caractère qui, chez *Caninia patula*, ne commence à être indiqué que dans les cadrans opposés;

2° par le nombre plus grand de ses septa, la régularité et le nombre plus grands de ses vésicules interseptales;

3° par l'absence d'une fossette bien marquée.

L'échantillon de *Cyathophyllum* φ Vaughan, que nous avons figuré planche IX, figure 4, comme type de comparaison, a été recueilli aux Avins (horizon C_2 de Vaughan). Il nous a été gracieusement donné par M. Delépine, maître de conférences à la Faculté libre de Lille.

---

(1) Le fait que, en pleine roche, la zone vésiculaire est souvent détruite, doit rendre circonspect dans la

Répartition statigraphique.

En Angleterre. — Dans les régions de Bristol et des Mendip Hills, *Caninia patula* apparaît dans la zone C et abonde ensuite dans S_1.

MM. Vaughan et Sibly (1), qui y ont observé cette forme, la désignent sous les noms de *Caninia bristoliensis* et *Caninia cylindrica* mut. S_1. M. Vaughan notamment renseigne la même forme à Clifton, Leigh Voods, Sodbury, Thytherington (2), et dans le Yorkshire, à Ingleton (3); M. Sibly, à Cheddar (4).

Sous le nom de *Campophyllum cylindricum* Scouler mut. S_1 (= *Caninia*), M. Douglas signale sa présence dans le comté de Clare (5).

En Belgique. — Nous tenons de M. Delépine, qu'il a trouvé dans les calcaires à cherts de la base des Calcaires de Vaulx, de très nombreux échantillons d'un polypier identique à notre *Caninia patula*.

Il nous est arrivé de voir également cette forme dans des pierres taillées ayant la texture du Petit-granit, mais dont nous ignorons la provenance. Sa présence dans le Petit-granit est d'ailleurs confirmée par l'identité, avec notre espèce, des polypiers que M. Gröber a trouvés en place dans le Petit-granit et qu'il a décrits et figurés sous le nom de *Canino cyathophyllum* C_2 (6).

Les observations faites jusqu'à présent ne sont pas suffisantes pour déterminer exactement l'extension verticale de *Caninia patula*.

CANINIA PATULA var. DENSA nov. var.

Planche VIII, Fig. 2.

Nous avons vu que *Caninia patula* typique pouvait atteindre un quatrième stade dans lequel l'épaississement stéréoplasmique et, par conséquent, aussi la muraille stéréoplasmique diminuent beaucoup d'importance, en même temps que la symétrie bilatérale tend à disparaître.

---

détermination des formes où manque l'épithèque. Nous avons figuré, pl. V, fig. 1, un exemple typique de cette disparition de la zone externe de *C. cylindrica*, exposant l'observateur non prévenu à une grave erreur. On pourra par là se rendre compte de la nécessité d'utiliser, pour une étude du genre de celle que nous poursuivons ici, des échantillons bien dégagés et possédant leur épithèque.

(1) Sibly, *Quat. Journ.*, vol. LXII, 1906, p. 367.

(2) A. Vaughan, *Quat. Journ.*, vol. LXI, 1909, pp. 105 seq.; *British Association*, Winnipeg, 1909, p. 189.

(3) A. Vaughan apud Cosmo Johns, *Geol. Magaz.*, n. s., dec. V, vol. III, 1906, p. 322.

(4) Sibly, *Proc. Geol. Assoc. London*, vol. XX, pars 2, 1907, p. 69.

(5) Douglas, *Quaterly Journal*, vol. LXV, 1909, p. 578.

(6) Gröber, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém. 44, pl. II, fig. 4.

Dans la variété que nous appellons *densa,* cette atténuation des caractères du type intervient à un stade beaucoup plus précoce.

Cette variété diffère du type de *Caninia patula* par les caractères suivants :

1° le développement de la zone vésiculaire externe est plus rapide et plus considérable : les vésicules y sont plus serrées et en même temps mieux ordonnées;

2° les septa des cadrans cardinaux, présentant d'ailleurs à la partie inférieure du polypier l'épaississement stéréoplasmique bien marqué, perdent graduellement cet épaississement, et bientôt la muraille interne devient très mince et n'est plus constituée que par un ensemble de traverses dissépimentales plus serrées et très irrégulières;

3° dans la zone centrale, les intersections tabulaires se multiplient et s'entrecroisent irrégulièrement; les planchers deviennent donc plus serrés et donnent lieu à un tissu plus vésiculeux et d'allure plus irrégulière.

Il y a donc dans l'ensemble de ces modifications une tendance bien marquée vers les caractères du genre *Cyathophyllum* Goldfuss.

La ressemblance de cette variété avec un *Cyathophyllum* paraît même si grande à première vue, que nous l'aurions peut-être prise pour une espèce de ce genre, si l'étude détaillée que nous avions faite de *Caninia patula* ne nous avait mis à l'abri d'une méprise de cette sorte.

M. Gröber (1), à notre sens, fait précisément cette confusion en désignant comme *Cyathophyllum* aff. φ une forme possédant une fossette septale, quoique faiblement indiquée, et un tissu vésiculaire à vésicules petites et irrégulières. Ce *Cyathophyllum* aff. φ est notre *Caninia patula* var. *densa.*

---

(1) P. Gröber, *Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XXIV, 1910, Mém. p. 45, pl. II, fig. 7.

ESSAI DE PHYLOGÉNIE DU GENRE « CANINIA ».

En suivant, à l'aide de coupes en séries multipliées, le développement de *Caninia patula* Michelin, nous avons noté les deux points suivants :

1° la bande stéréoplasmique formant muraille interne est d'abord accollée à l'épithèque (pl. VI, fig. 2*i*) ; cette bande se décolle de l'épithèque par endroit (pl. VI, fig. 2*h*, en haut, à droite de la fossette), puis sur tout le pourtour (pl. VI, fig. 2*g*) ; il s'intercale alors, entre cette bande et l'épithèque, des vésicules qui vont en se multipliant (pl. VI, fig. 2*f*) ;

2° les bords latéraux de la fossette, presque parallèles au début, se dirigent ensuite vers un point commun, d'abord en courbant leurs extrémités, puis prenant une disposition de plus en plus radiaire. La symétrie bilatérale, fortement dessinée par une fossette à bords parallèles, l'est déjà moins quand les parois limitantes deviennent convergentes, et elle s'atténue ensuite de plus en plus.

D'autre part, remarquons que *Zaphrentis* (pl. IX, fig. 1 et 2) :

1° a également une bande stéréoplasmique accolée à l'épithèque et n'a pas de tissu vésiculeux;

2° possède une fossette à bords latéraux parallèles, donnant au polypier une symétrie bilatérale extraordinairement marquée.

Cyathophyllum, au contraire (pl. IX, fig. 3 et 4) :

1° ne possède pas de bande stéréoplasmique accollée ou non à l'épithèque, mais la zone vésiculaire est extraordinairement développée;

2° est généralement dépourvu de fossette (1) : d'où une symétrie radiaire très dominante.

Le genre *Caninia,* tel que nous l'avons défini, nous semble se placer phylogénétiquement entre *Zaphrentis* et *Cyathophyllum.* Les espèces de Tournai, que nous venons d'étudier, montrent le processus d'évolution partant d'un type zaphrentoïde et aboutissant à un type cyathophylloïde :

1° *Caninia cornucopiae* se rapproche le plus du type *Zaphrentis :* nous y voyons une bande stéréoplasmique continue et collée à l'épithèque; les bords de la fossette sont parallèles.

---

(1) A peine rencontre-t-on un rudiment de fossette chez quelques espèces rangées dans le genre *Cyathophyllum.*

Cependant la fossette, qui était « fermée » chez *Zaphrentis*, est déjà « ouverte » dès les stades les plus jeunes que nous connaissions de *Caninia cornucopiae;* c'est le premier acheminement vers sa disparition. Or, on sait que la symétrie radiaire, au moins dans les cadrans cardinaux, telle qu'elle est réalisée dans les *Zaphrentis,* est, si nous pouvons nous exprimer ainsi, ordonnée à la fossette.

Ce n'est qu'au stade *le plus avancé* que *Caninia cornucopiae* typique s'éloigne davantage du type *Zaphrentis* par le décollement de la bande stéréoplasmique et l'intercalation entre celle-ci et l'épithèque d'un ou deux rangs de vésicules.

2° *Caninia cornucopiae* var. *vesicularis* subit ces modifications *dès le stade jeune,* et le développement de la zone vésiculaire devient ensuite plus considérable.

3° Chez *Caninia patula,* qui atteint des proportions notables, la zone vésiculaire externe se développe encore davantage; les septa vont jusqu'à l'épithèque, déterminant des vésicules petites, nombreuses et serrées.

Si notre manière de voir énoncée ici est exacte, on peut dire que l'ontogénie dans *Caninia patula* est la répétition de la phylogénie du genre.

4° *Caninia patula* var. *densa.* La muraille interne stéréoplasmique va s'atténuant ; la courbure des septa vers la fossette disparaît bientôt ; la symétrie radiaire commence à dominer : le type Cyathophylloïde est atteint.

En concommitance avec le développement de la zone vésiculaire, on peut suivre, dans la série ci-dessus, une complication de plus en plus grande dans la nature des planchers, qui établit une transition ménagée entre les planchers bien individualisés des *Zaphrentis,* et l'amas de vésicules plus ou moins larges qui les remplacent dans *Cyathophyllum.*

Cette complication s'accomplit par le rapprochement progressif des planchers et par l'augmentation du nombre et de l'irrégularité des anastomoses.

Par le caractère de ses planchers, bien espacés et ne présentant que quelques anastomoses peu nombreuses, *Caninia cylindrica* semble représenter une *phase* de l'évolution intermédiaire entre *Caninia vesicularis* et *Caninia patula.*

Il en est de même du développement de la zone vésiculaire qui est beaucoup plus considérable que dans *Caninia vesicularis,* mais est notablement moindre que dans *Caninia patula.*

Néanmoins, la présence de *grandes vésicules,* qui, dans la région la plus externe, *détruisent la continuité des septa,* nous semble ne pas permettre de considérer *Caninia cylindrica* comme constituant, à proprement parler, un stade du processus évolutif, qui part de *Zaphrentis* pour aboutir aux *Cyathophyllum* carbonifères.

Tout en la rangeant à une phase d'évolution intermédiaire entre la phase *cornucopiae* var. *vesicularis* et la phase *patula,* nous tenons qu'elle appartient à

un rameau divergent; la var. *Herculina* montrant une *phase* intermédiaire entre *Caninia vesicularis* et *Caninia cylindrica* typique (1).

Notons que, si notre manière de voir est exacte au sujet de la série établie plus haut, il est clair que *Cyathophyllum* doit être considéré comme un genre polyphylétique, les *Cyathophyllum* antérieurs au Carbonifère ne pouvant dériver des espèces carbonifères, bien qu'ils montrent les mêmes caractères génériques (pl. IX, fig. 3).

La notion de *genre*, telle qu'elle doit se comprendre dans *Caninia*, diffère assez bien de la notion de genre réalisée dans *Cyathophyllum* et dans *Zaphrentis*.

Chez *tous* les *Zaphrentis*, en effet, la fossette est « fermée », les vésicules sont complètement absentes, les deux murailles restant accollées et les planchers traversant de part en part le polypier d'une paroi à l'autre; enfin, la symétrie bilatérale est très accentuée.

Chez *tous* les *Cyathophyllum*, la fossette est absente, la vésiculosité est excessivement développée et la symétrie bilatérale a complètement disparu pour faire place à une symétrie exclusivement radiaire.

Zaphrentis et *Cyathophyllum* groupent donc des espèces chez lesquelles les notes caractéristiques du genre ont le même sens et sont réalisées partout au même degré.

Chez *Caninia*, au contraire, les caractères que nous donnons pour définir le genre : vésiculosité, muraille stéréoplasmique, symétrie bilatérale, sont loin d'être réalisés au même degré dans toutes les espèces que nous y rapportons.

La zone vésiculaire, rudimentaire chez *Caninia cornucopiae*, prend des proportions considérables dans *Caninia cylindrica* et dans *Caninia patula*, et elle a des aspects très différents dans ces deux espèces; la muraille stéréoplasmique, nettement marquée au stade adulte de ces formes, s'efface graduellement lorsqu'elles passent à un stade plus âgé, et elle se reconnaît à peine dans *Caninia densa*; la symétrie bilatérale suit la même marche décroissante. On voit donc que dans *Caninia* les caractères du genre sont *nuancés*; c'est un exemple frappant d'un fait fréquent dans la classification zoologique, où, à côté de genres homogènes, on rencontre des genres que l'on pourrait nommer *hétérogènes* et qui servent d'intermédiaires entre les premiers; l'étude de ces genres *intermédiaires* n'est pas la moins intéressante.

---

(1) Cf. la note, p. 34.

APPENDICE.

Comme nous l'avons vu plus haut, M. Carruthers a reconnu comme *Zaphrentis* authentiques, les types décrits par De Koninck sous les noms suivants : *Zaphrentis Omaliusi, Zaphrentis Delanouei, Zaphrentis Cliffordana, Zaphentis Konincki, Zaphrentis intermedia, Zaphrentis Le Honiana.* — Mais il les a réduits à trois espèces : *Zaphrentis Omaliusi, Zaphrentis Delanouei* et *Zaphrentis Konincki.*

D'autre part, d'après l'étude de M. Carruthers et d'après celle que nous venons d'exposer, doivent rentrer dans le genre *Caninia* les formes suivantes décrites comme *Zaphrentis* par De Koninck et qui se réduisent à trois espèces, comme l'indique le tableau ci-dessous :

ESPÈCES DE DE KONINCK.	REVISION *CANINIA*.
Zaphrentis cornucopiae . . .	**Caninia cornucopiae.**
— **vermicularis** . . .	
— **Nystiana**	
— **Edwarsiana** . . .	
— **cylindrica**	**Caninia cylindrica.**
— **bullata**	
— **Herculina**	— — var. **Herculina.**
— **patula**	**Caninia patula.**
— **tortuosa**	

Parmi les *Zaphrentis* de De Koninck, il ne reste donc plus à ranger que *Zaphrentis Guerangeri, Zaphrentis excavata, Zaphrentis Phillipsi, Zaphrentis cyathina.*

Nos recherches à leur sujet ne sont pas encore assez avancées pour que nous puissions soumettre des résultats définitifs ; nous croyons cependant devoir les exclure des *Caninia.*

ADDENDUM

CANINIA PATULA Michelin
et
CYATHOPHYLLUM PLICATUM Goldfuss.

Grâce à la très grande obligeance de M. le professeur Steinmann, nous avons pu tout récemment, à l'Institut géologique et paléontologique de l'Université de Bonn, étudier les types figurés par Goldfuss sous le nom de *Cyathophyllum plicatum*.

Cet examen nous a prouvé que nous avons agi prudemment en n'attribuant point à *Caninia patula* le nom spécifique de Goldfuss, malgré la ressemblance de la figure de Goldfuss avec le type de Michelin (cf. p. 44).

Deux formes très différentes ont été figurées par Goldfuss sous le nom de *Cyathophyllum plicatum*. Pour celle représentée à la planche XVIII, figure 5, Goldfuss lui-même a changé, sur l'échantillon du Musée de Bonn, le nom de *plicatum* en *perfoliatum*, après la publication de ses *Petrefacta Germaniae*. C'est ce dernier nom qu'ont adopté Milne-Edwards et Haime pour leur type de *Chonophyllum* (Brit. foss. Corals, Introd., p. lxix, 1850; Polyp. foss. des terr. paléoz., p. 405, 1851). Nous ne nous étions pas occupé de cette forme.

L'autre, figurée planche XV, figure 2, se rapproche davantage des *Caninia*, et à l'examen de la figure, nous étions porté à la rattacher à *C. patula*.

Cet échantillon est détruit presque complètement du côté de la grande courbure : il serait, par exemple, impossible d'y faire une section horizontale. L'épithèque a été enlevée.

Un groupe de deux ou trois lames forme une saillie considérable sur les septa voisins ; l'ensemble de ces septa proéminents subit une forte torsion en arrivant au centre du polypier. De plus, les septa se clivent en deux à la périphérie, et chaque moitié s'unit à la moitié correspondante du septum voisin.

Enfin, M. le professeur Steinmann nous a confirmé que ces fossiles de Goldfuss proviennent du Dévonien inférieur d'Amérique.

TABLE DES NOMS D'ESPÈCES CITÉES

Les noms imprimés en *italique* sont ceux que nous avons retenus.

EXPLICATION DES PLANCHES

Sauf quelques échantillons, dont la provenance sera indiquée à leur place, tous les spécimens figurés proviennent de Tournai. A l'exception d'une seule, toutes les coupes ont été agrandies deux fois : nous avons tenu à conserver le même agrandissement, afin de faciliter la comparaison des coupes entre elles.

PLANCHE I

Caninia cornucopiae Michelin emend. Carruthers.

FIG. 1. — Spécimen 35 (autrefois *Amplexus cornu-bovis*).

a. Coupe horizontale n° 3 montrant l'anneau dissépimental.
b. — n° 11 : fin de la phase *Nystiana*.
c. — n° 13 : phase *Dumonti*.
d. Aspect extérieur montrant la place des coupes figurées avec leur numéro dans la série. (Grandeur naturelle.)

Caninia cornucopiae Michelin emend. Carruthers.

FIG. 2. — Spécimen 47 (autrefois *Zaphrentis Nystiana*).

a. Aspect extérieur montrant la place de la coupe figurée.
b. Coupe horizontale dans la partie inférieure (n° 4) : commencement de la phase *Dumonti*.

Caninia cornucopiae Michelin emend. Carruthers.

FIG. 3. — Spécimen 10 (autrefois *Zaphrentis Edwardsiana*).

a. Coupe horizontale n° 1 : phase *cornu-bovis*.
b. — n° 3 — *Nystiana*.
c. — n° 5 — *Dumonti*.
d. Aspect extérieur montrant la place des coupes figurées avec leur numéro dans la série. (Grandeur naturelle)

Caninia cornucopiae Michelin emend. Carruthers.

FIG. 4. — Spécimen 130 (autrefois ***Campophyllum analogum***).

a. Aspect extérieur montrant la place des coupes et leur numéro dans la série. (Grandeur naturelle.)
b. Calice (× 2)
c. Coupe horizontale nº 1.
d. — nº 2.
e. — nº 3.
f. — nº 4.
g. Coupe verticale dans la partie *A*.

Caninia cornucopiae var. *vesicularis* nov. var.

FIG. 5. — Spécimen 72.

a Profil indiquant la place et le numéro des coupes.
b. Calice (× 2).
c. Coupe horizontale nº 1 : phase *cornu-bovis*.
d. — nº 2 —
e — nº 3 —
f. — nº 4 —
g. — nº 5 : phase *cornu-bovis;* montrant l'apparition précoce de l'anneau dissépimental.
h. — nº 6 — *Nystiana.*
i. — nº 7 — *Dumonti.*
j. Coupe verticale dans la portion *A*.
k. — — *B*.

PLANCHE II

Caninia cylindrica Scouler. (Spécimen 80.)

Les coupes horizontales sont disposées dans l'ordre occupé dans le polypier, du calice vers la pointe.

FIG. 1 — Coupe horizontale nº 23 : stade IV.
— 2. — — nº 14 — III (montrant l'aplatissement du polypier).
— 3. — — nº 8 — III.
— 4. — — nº 7 — III.
— 5. — — nº 1 — III.
— 6. — Calice (grandeur naturelle).
— 7. — Coupe verticale.

PLANCHE III

Caninia cylindrica Scouler.

FIG. 1. — Spécimen 90.

a. Calice (grandeur naturelle).

b. Coupe horizontale dans la partie moyenne : stade III (fin).

c. — immédiatement au-dessus de la partie inférieure conique stade II)

d. — dans la partie inférieure conique (stade II).

e. — — —

f. — à la pointe du polypier (stade I).

g. Coupe verticale (× 1.5).

FIG. 2. — Calice grandeur naturelle, montrant le caractère de la fossette « ouverte » malgré le dissépiment et montrant l'aspect des septa sur le plancher spéc. 83).

FIG. 3. — Spécimen 113.

a. Coupe horizontale.

b. — vers la pointe.

PLANCHE IV

Caninia cylindrica Scouler.

FIG. 1. — Coupe horizontale (spéc. 110). Provenant du Calcaire dit Petit Granit d'Yvoir, carrière derrière la station. à Yvoir.

FIG. 2. — Spécimen 81 (Tournai).

a. Coupe horizontale (nº 27) sous le calice : stade III (fin).

b. — (nº 20) dans la partie supérieure : stade III.

c. — (nº 4) dans la partie moyenne : stade III.

FIG. 3. — Coupe horizontale (spéc. 111) : stade IV. Provient du Calcaire à cherts d'Yvoir, carrière derrière la station.

FIG. 4. — Coupe horizontale (spéc. 92). Provient de la base du Petit Granit d'Yvoir, carrière derrière la station. (Partie comprimée du polypier)

FIG. 5. — Coupe horizontale (spéc. 112) : stade IV. Provient du Calcaire à cherts d'Yvoir. carrière derrière la station.

PLANCHE V

Caninia cylindrica Scouler.

FIG. 1. — Spécimen 95. Provient du Calcaire à cherts d'Yvoir, carrière derrière la station. Cette coupe horizontale montre, dans le coin supérieur à droite, la zone vésiculaire externe conservée à cet endroit, alors qu'elle a été « mangée » sur la plus grande partie de la périphérie.

Caninia cylindrica var. *Herculina* De Koninck.

FIG. 2. — Spécimen 125.

a Coupe verticale, au même niveau que la coupe 2*b*, et passant par la fossette.
b. — grossière montrant le peu d'élévation des septa au centre des planchers (grand. natur.)
c. Coupe horizontale sous le calice.
d. — vers la pointe.
e. Calice (grandeur naturelle)

PLANCHE VI

Caninia patula Michelin.

FIG. 1. — Spécimen 14.

a. Profil indiquant la place des coupes avec leur numéro dans la série.
b. Calice (× 2).
c. Coupe horizontale nº 2 : stade III (fin).
d. — nº 4 — III.
e. — nº 8 : stade II.
f. — nº 10 — II.
g. — nº 11 — II.
h. — nº 12 : stade I.

FIG. 2. — Spécimen 24 (autrefois *Zaphrentis tortuosa*).

a. Coupe horizontale nº 3 : stade III.
b. — nº 9 —
c — nº 18 —
d. — nº 25 —
e. — nº 32 —
f. — nº 33 —
g. — nº 36 : stade II.
h. — nº 38 montrant le début du décollement.
i. — nº 39 : stade I.
j. — nº 40 —
k. Aspect extérieur indiquant la place et le numéro des coupes figurées dans la série. (Grandeur naturelle.)

PLANCHE VII

Caninia patula Michelin.

FIG 1. — Coupe verticale par la fossette (spécimen 67).

FIG. 2. — Spécimen 23.

a. Coupe horizontale nº 3 : stade III.
b. — nº 6 —
c. — nº 11 : stade II.
d. — nº 12 —
e. — nº 14 : stade I.
f. — nº 15 —
g. Calice (grandeur naturelle).
h. Aspect extérieur avec l'indication de la place et du numéro des coupes figurées. (Grandeur naturelle.)

FIG. 3. — Spécimen 19 (autrefois *Zaphrentis patula*).

a. Aspect extérieur avec l'indication de la place et du numéro des coupes figurées. (Grandeur naturelle.)
b. Coupe horizontale nº 1 : stade IV.
c. — nº 4 —
d. — nº 7 : stade III.
e. — nº 8 —
f. — nº 9 : stade II.
g. Calice (grandeur naturelle).

FIG. 4. — Coupe verticale par un plan très voisin du plan de la fossette (spécimen 57).

PLANCHE VIII

Caninia patula Michelin.

FIG. 1. — Spécimen 70.

a. Coupe horizontale nº 1 : stade IV.
b. — nº 2 — III.
c. — nº 3 — III.
d. — nº 4 — III.
e. — nº 5 — II.
f. — nº 6 — I.
g. Aspect extérieur montrant la place des coupes avec leur numéro. (Grandeur naturelle.)

Caninia patula var. *densa* nov. var.

FIG 2. — Spécimen 28.

a. Coupe horizontale n° 1 : stade IV.
b. — n° 7 — IV.
c. — n° 8 — IV.
d. — n° 12 — IV.
e. — n° 15 — III.
f. — n° 17 — III.
g. — n° 18 — II.
h. — n° 20 — I.
i. — n° 21 — I.
j. — n° 22 — I.
k. Aspect extérieur avec l'indication de la place et du numéro des coupes figurées. (Grandeur naturelle.)

PLANCHE IX

TYPES DE COMPARAISON

Zaphrentis.

FIG 1. — Spécimen 71.

a. Coupe horizontale à la partie supérieure (n° 4).
b. — vers la pointe (n° 2).

Zaphrentis Konincki Milne-Edwards et Haime emend. Carruthers.

FIG. 2. — Spécimen 49 (autrefois [*Z. Le Honiana*] De Koninck).

a. Aspect extérieur montrant la place des coupes. (Grandeur naturelle.)
b. Calice (× 2).
c. Coupe horizontale immédiatement sous le calice (n° 1).
d. — n° 2.
e. — n° 3.

Cyathophyllum helianthoïdes Goldfuss.

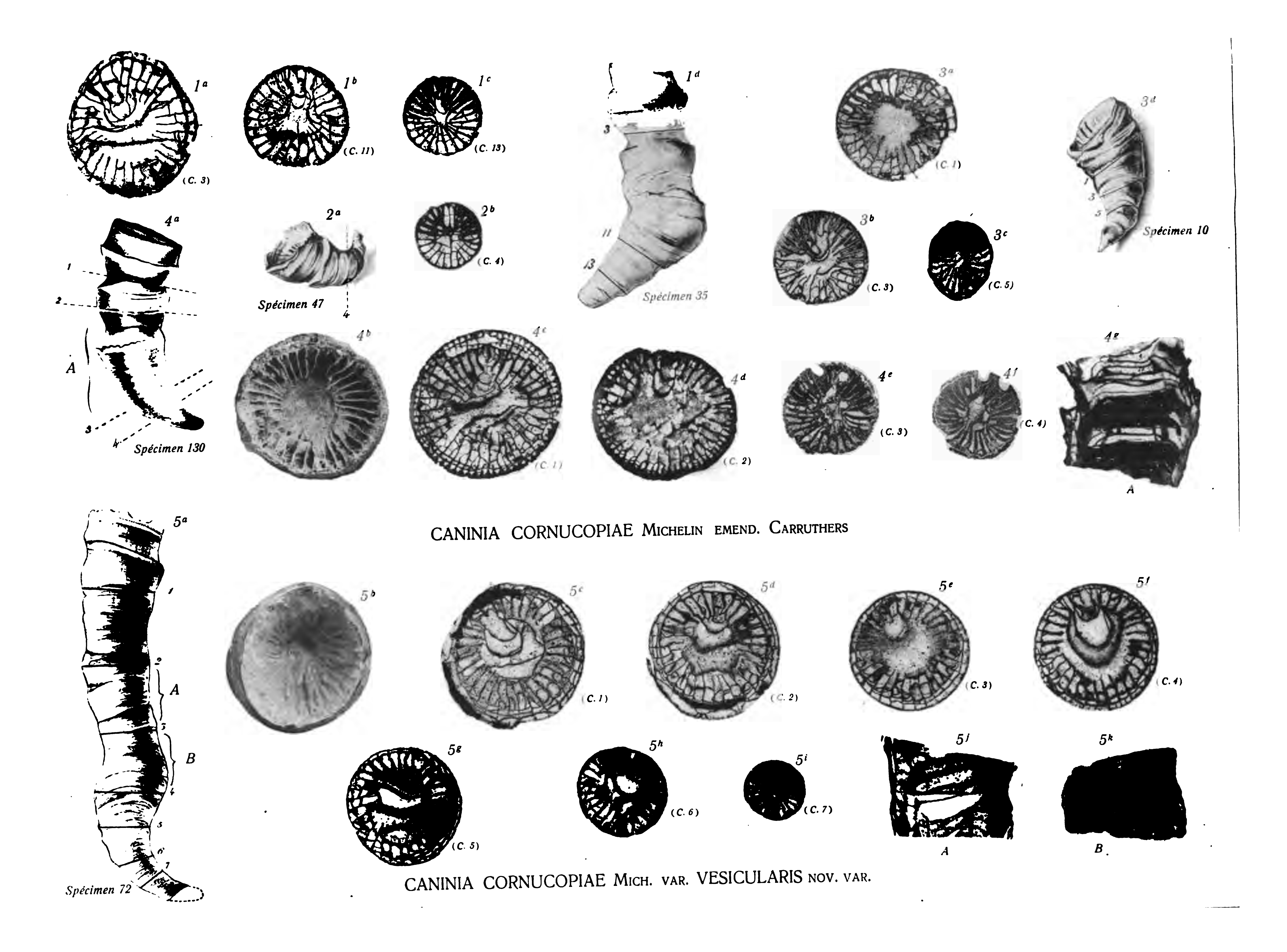
FIG. 3. — Spécimen 60, du Couvinien de Gérolstein.

a. Coupe verticale.
b. Coupe horizontale immédiatement sous le calice.

Cyathophyllum φ Vaughan.

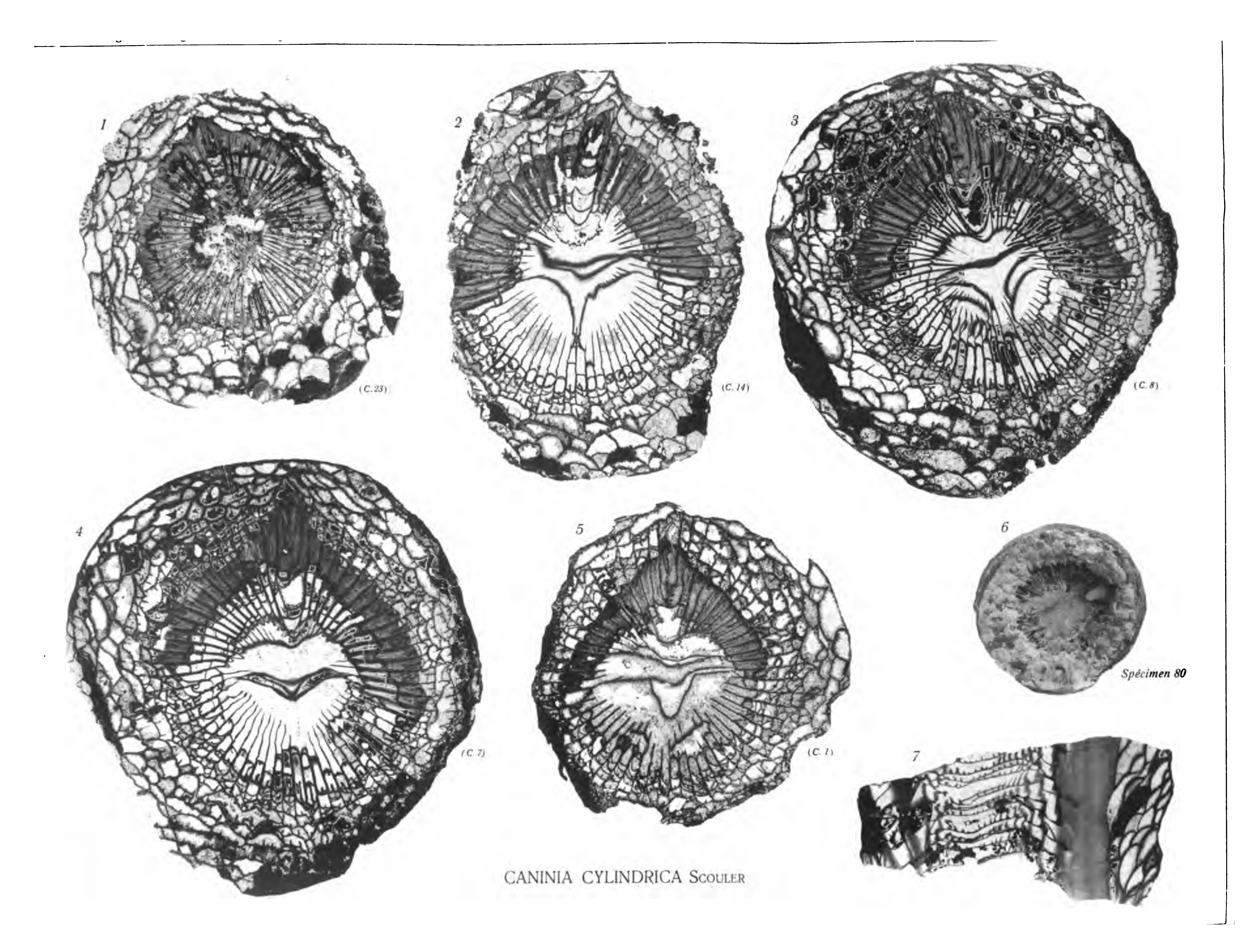
FIG. 4. — Les Avins, Calcaire oolithique : horizon C_2.

a. Coupe horizontale vers la partie supérieure du polypier.
b — vers la pointe du polypier.

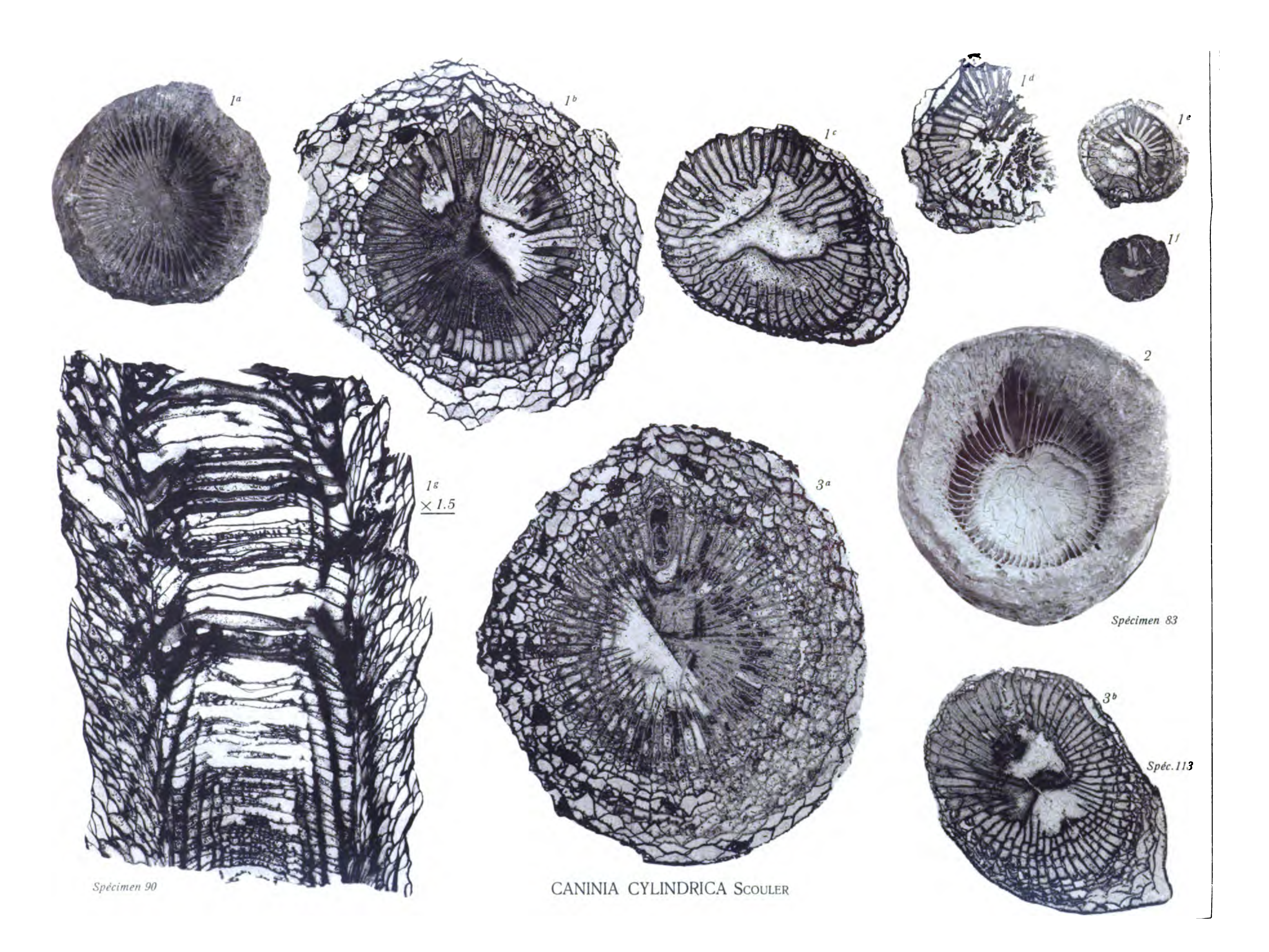


CANINIA CORNUCOPIAE MICHELIN EMEND. CARRUTHERS

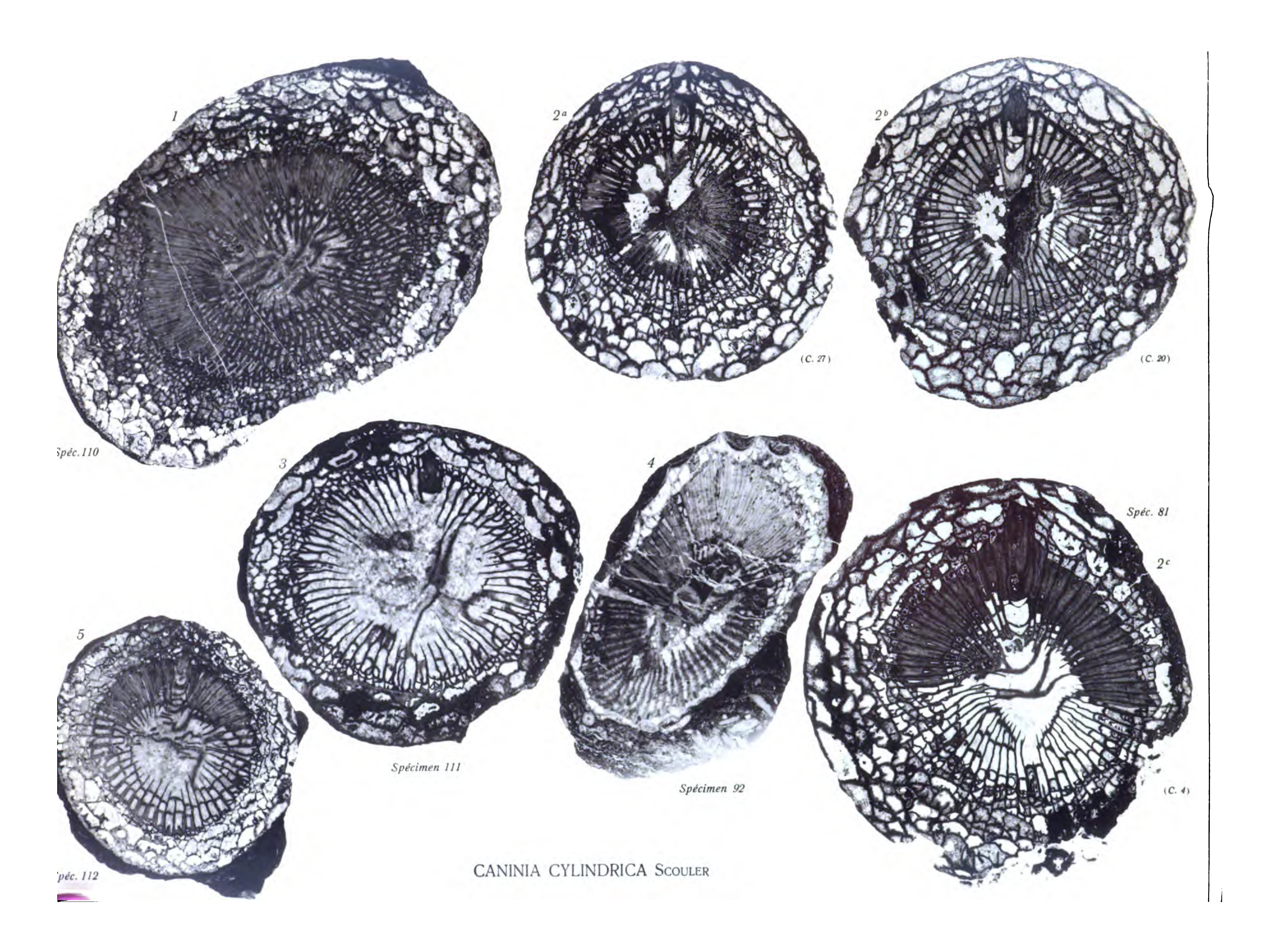
CANINIA CORNUCOPIAE MICH. VAR. VESICULARIS NOV. VAR.



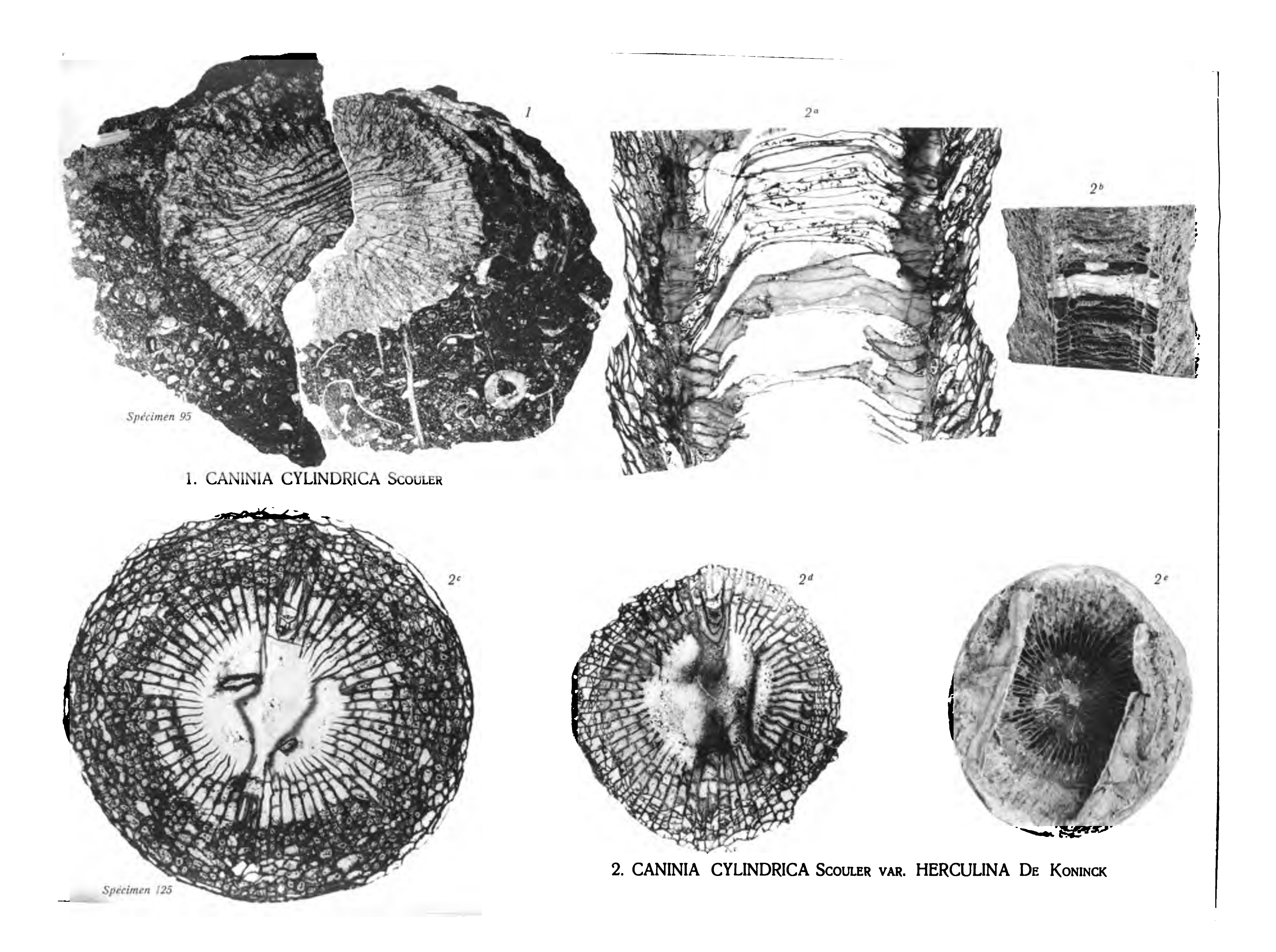
CANINIA CYLINDRICA SCOULER



CANINIA CYLINDRICA SCOULER



CANINIA CYLINDRICA SCOULER



1. CANINIA CYLINDRICA Scouler

2. CANINIA CYLINDRICA Scouler var. HERCULINA De Koninck

1a 2 4 8 10 11 12

Spécimen 14

1b

1c (C. 2)

1d (C. 4)

1e (C. 8)

1f (C. 10)

1g (C. 11)

1h (C. 12)

2a (C. 3)

2b (C. 9)

2c (C. 18)

2d (C. 25)

3 9 18 25 32 33 36 38 39 40

Spécimen 24

2e (C. 32)

2f (C. 33)

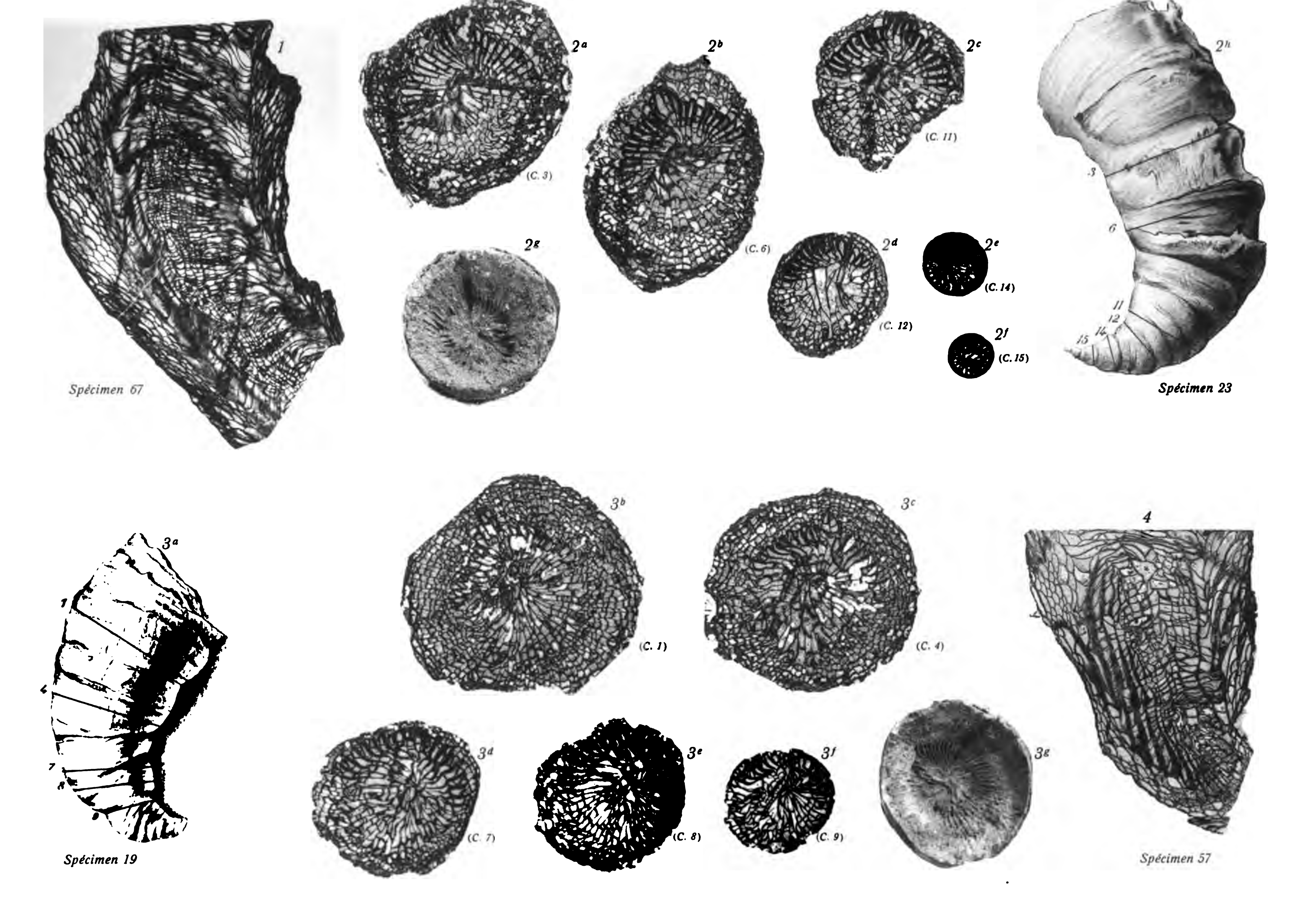
2g (C. 36)

2h (C. 38)

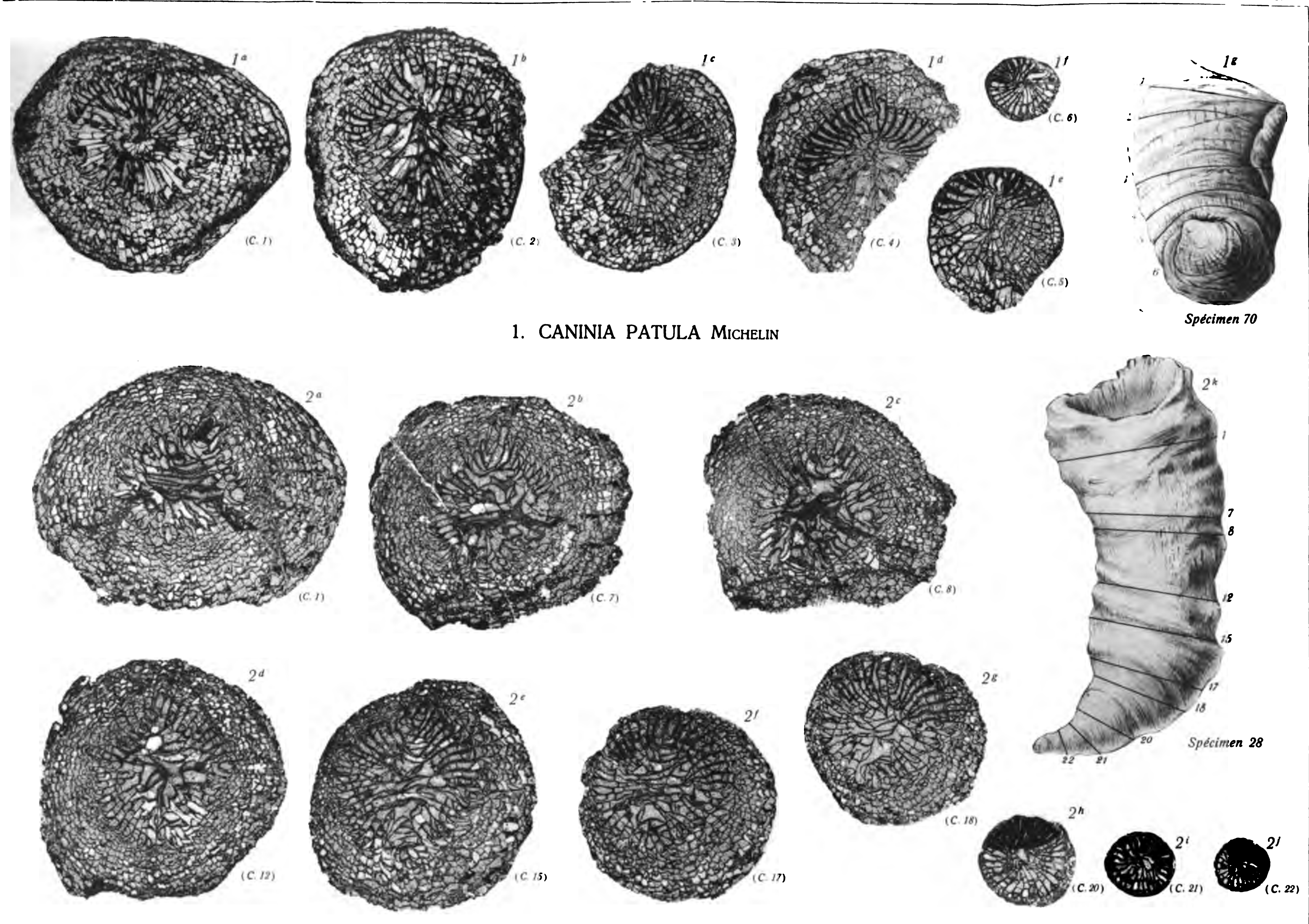
2i (C. 39)

2j (C. 40)

CANINIA PATULA MICHELIN



CANINIA PATULA Michelin



1. CANINIA PATULA MICHELIN

2. CANINIA PATULA MICH. VAR. DENSA NOV. VAR.

TYPES DE COMPARAISON



1a — 1b

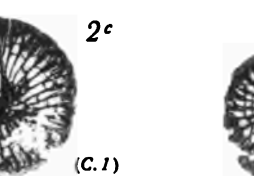
1. ZAPHRENTIS Sp.



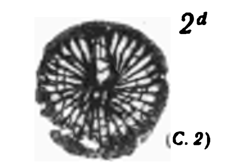
2a



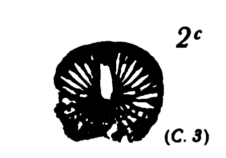
2b



2c (C. 1)



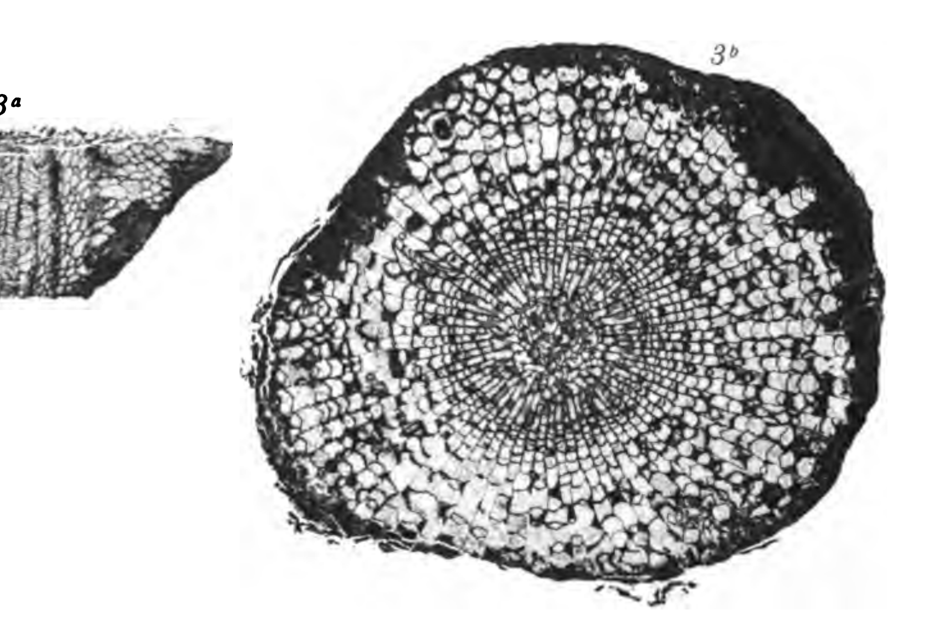
2d (C. 2)



2c (C. 3)

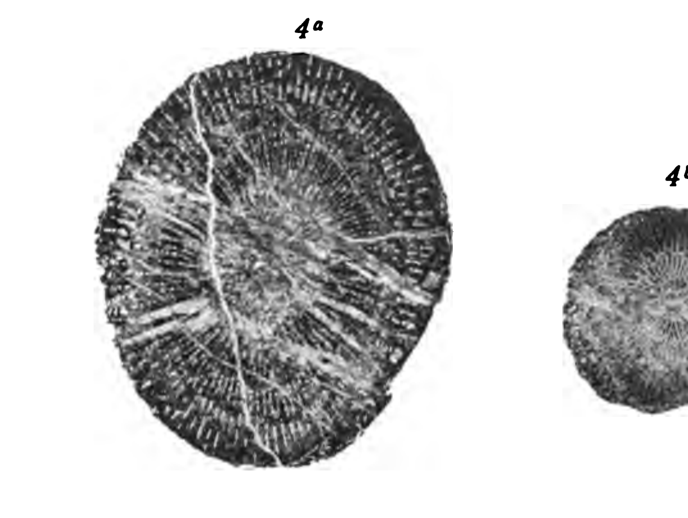
2. ZAPHRENTIS KONINCKI M-Edw. & Haime

3a



3b

3. CYATHOPHYLLUM HELIANTOÏDES Goldfuss



4a — 4b

4. CYATHOPHYLLUM φ Vaughan

NOUVEAUX MÉMOIRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

(BRUXELLES)

SÉRIE IN-4°. — MÉMOIRE N° 4. — 1911

SUR LA

DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

DES

MONTAGNES ÉRUPTIVES

PAR

A. STÜBEL

Traduit de l'allemand par W. PRINZ et C. VAN DE WIELE

BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE

112, rue de Louvain, 112

—

1911

SUR LA

DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

DES

MONTAGNES ÉRUPTIVES

PAR

A. STÜBEL

Traduit de l'allemand par W. PRINZ et C. VAN DE WIELE



BRUXELLES
HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADÉMIES ROYALES DE BELGIQUE
112, rue de Louvain, 112

—

1911

NOTE DU SECRÉTARIAT

Notre regretté confrère W. Prinz, professeur à l'Université de Bruxelles, avait depuis plusieurs années obtenu d'Alphonse Stübel l'autorisation de traduire son ouvrage : *Sur la diversité génétique des montagnes éruptives.* L'éminent vulcanologue avait de plus facilité la publication de ce mémoire par notre Société, en nous offrant, en 1903, la belle planche qui l'accompagne et les nombreux cuivres des figures documentaires du texte.

Diverses circonstances ont néanmoins retardé la mise en œuvre des matériaux qui nous étaient si généreusement fournis ; la traduction de W. Prinz a été trouvée inachevée dans ses dossiers. Nous pensons rendre à Stübel et Prinz l'hommage scientifique qui leur eût été le plus agréable, et honorer leur mémoire par l'achèvement de cette traduction. M. le Dr Van de Wiele a bien voulu se charger de ce soin.

SUR LA

DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE

DES

MONTAGNES ÉRUPTIVES

PAR

A. STÜBEL

Traduit de l'allemand par **W. PRINZ** et **C. VAN DE WIELE**

L'hypothèse des cratères de soulèvement dans le sens de Léopold von Buch est depuis longtemps abandonnée. Par contre on s'est demandé plus récemment si l'activité des centres éruptifs, qui construit les montagnes volcaniques, suivait une marche toujours uniforme.

A cet effet, la vulcanologie doit avant tout chercher à résoudre cette question : l'activité de nos volcans, telle qu'elle se présente à la recherche scientifique, est-elle permanente; c'est-à-dire s'est-elle manifestée toujours à des endroits déterminés de la surface terrestre, et persistera-t-elle en ces lieux pour un temps incalculable, ou bien cette activité n'a-t-elle commencé qu'à une époque relativement récente, et devra-t-elle s'acheminer vers une fin qu'elle atteindra tôt ou tard, et, de toute façon, en un temps qu'on puisse estimer?

La réponse à cette question évidemment fondamentale, nous paraît s'indiquer plus ou moins nettement dans les différentes régions volcaniques de la Terre, lorsqu'on étudie les données que ces créations éruptives nous fournissent. Car sur au moins cent de nos volcans (volcans éteints), peut-être même sur cinq cents d'entre eux — selon la définition accordée au mot « volcan » — il n'y en a qu'un seulement qui soit encore « actif ». Ce fait indiscutable nous permet de conclure avec certitude, que nos volcans actuels subiront le sort qui a frappé la grande

majorité de ceux qui se sont déjà « éteints » par épuisement de leurs centres éruptifs.

Comme l'activité volcanique se montre intermittente, et que cette intermittence offre des pauses d'une durée très longue pouvant embrasser des milliers d'années, on aurait évidemment à se demander si l'on est en droit de parler de volcans éteints. Or l'existence de ces derniers est établie clairement par le groupement des édifices volcaniques, tels que nous les observons dans maintes grandes régions éruptives. Dans d'innombrables cas les forces volcaniques ont préféré ouvrir à leurs laves un tout nouveau canal inexistant jusque-là, au lieu de passer par un conduit à cratère déjà utilisé antérieurement. Ainsi, *un volcan naquit à côté d'un autre.* En même temps se montre en évidence le rôle accessoire de ces montagnes, percées d'un semblable puits à cratère, et paraissant appelées à servir pour toujours de bouche éruptive, alors que nous voyons que ce n'est pas le cas.

Une deuxième question importante se rattache à ce qui précède : *toutes* les montagnes volcaniques furent-elles constituées grâce aux matériaux amenés à l'extérieur par des éruptions consécutives, séparées par des pauses plus ou moins longues, ou bien y a-t-il aussi de ces montagnes qui ont été construites par *une seule* éruption très puissante, sans avoir passé ensuite à un mode d'activité comparable à celui de nos volcans actuels ?

Dans la réponse à ces deux questions, il y a des arguments extrêmement importants qui nous permettront d'apprécier exactement le mode d'action des forces volcaniques et le siège de leur activité.

Si tous les volcans actuels, sans exception, s'étaient formés par des éruptions intermittentes se continuant pendant un temps incalculable, et si, dans la limite des prévisions humaines, ils étaient appelés à conserver ce mode d'activité dans les temps futurs, nous serions à bon droit fondés à conclure aussi à la continuation régulière de cette activité dans l'intérieur du globe, là où elle a sa source. Nos études vulcanologiques devraient dès lors se borner à enregistrer les éruptions suivant la date et la durée, en tenant compte aussi de la quantité et de la nature des produits rejetés lors de chaque paroxysme en concomitance avec les divers phénomènes accessoires. Et en fait, c'est à cette énumération qu'on s'est surtout borné jusque maintenant.

Les choses se présenteraient tout autrement s'il était possible de démontrer qu'il y a des montagnes volcaniques qui sont nées en une fois, et dont les centres éruptifs s'éteignirent ensuite pour toujours, ou tout au moins n'eurent plus qu'une, peut-être deux ou trois petites éruptions ultérieures, sans donner naissance à un volcan actif permanent. Si la démonstration est possible, il devient fort probable que nous avons affaire, non à un grand foyer inépuisable, mais au contraire à un grand nombre de petites masses rapidement épuisées. La preuve de la seconde hypothèse se laisse déduire en partie des points de vue généraux et directement, en outre, de la forme et de la constitution tectonique des édifices volcaniques.

Une fois la conception et l'existence des volcans *monogènes* établies, il ne s'agit

plus que de fixer leur nombre par rapport à celui des montagnes, qui semblent uniquement formées par accumulations successives.

Toutes les créations volcaniques de la surface terrestre actuelle, aussi bien les multiples volcans éteints que le petit nombre de ceux dont l'édification n'est pas encore achevée, reposent, comme on sait, à de rares exceptions près, sur des couches sédimentaires récentes, et dans les cas contraires, que leur base soit constituée par des couches sédimentaires anciennes ou même par des roches cristallines, on peut toujours fournir la preuve qu'elles doivent être d'âge relativement récent. Le dépôt des sédiments sur lesquels les volcans sont établis paraît s'être effectué sans avoir été troublé par l'intervention des forces éruptives.

Comme cette détermination d'âge relatif a été confirmée presque pour toutes les parties du globe, il faut donc supposer que dans tous ces points l'activité volcanique a pris naissance subitement, ce qui implique l'intervention d'un développement de force considérable.

Mais si ce début de l'activité éruptive a été si subit, nous sommes poussés à nous demander quelles dimensions peut bien avoir eues la montagne qui s'est établie à l'endroit traversé par le magma fondu, car nous savons que chaque éruption expulse une certaine quantité de matière ignée.

La quantité de magma éruptif doit certainement être en rapport déterminé avec la résistance que les forces volcaniques ont à vaincre pour se frayer le premier chemin. Dès lors on est amené à conclure qu'à chaque première éruption la matière incandescente ayant à perforer tout un système de bancs rocheux, la quantité de magma mise au jour sera suffisante pour constituer une montagne d'une hauteur considérable et occupant une vaste surface; cette quantité doit même représenter le plus souvent une partie très considérable de la masse qu'un foyer volcanique de dimensions restreintes est susceptible d'expulser.

Par ce qui précède, on est logiquement fondé à admettre qu'il doit y avoir des montagnes qui sont dues à une seule mais très puissante éruption.

Si maintenant toutes les montagnes volcaniques de la terre ont un âge relativement récent, et que partout les couches à traverser opposent des résistances considérables, il en résulte que chaque montagne volcanique, telle que nous la voyons aujourd'hui, possède au moins un *noyau monogène,* et que si des éruptions ultérieures ont recouvert ce noyau d'un manteau polygène, cette ajoute plus récente n'a cependant vis-à-vis du premier édifice qu'une importance génétique subordonnée.

Il arrivera par conséquent souvent que le manteau polygène nous trompera sur la nature monogène interne de la montagne, et c'est à cette illusion seule qu'il faut attribuer l'insuffisante distinction faite jusqu'ici entre ces deux modes de formation, mais qui sont à tenir nettement séparés. Il est compréhensible que le vulgaire se soit laissé tromper par cette apparence; le spécialiste, de son côté, est

pour le moins excusable d'avoir cru à sa réalité, car son regard n'est peut-être pas sans trouble, lorsqu'il lui est enfin donné d'abandonner l'étude des collections universitaires pour aborder celle de la nature, et d'appliquer sur place, aux bancs rocheux des édifices volcaniques, les recherches poursuivies jusque-là sur les petits échantillons des musées. Il s'en approche sans doute avec l'idée préconçue que des roches différentes au point de vue chimique, minéralogique et structural, ne peuvent émaner d'une même profondeur d'un foyer, ou tout au moins ne sauraient appartenir à une seule et même période d'activité d'un unique centre éruptif, et que le nombre des espèces rocheuses chimiquement et minéralogiquement différenciées dont la montagne est construite, doit correspondre à celui des éruptions qui l'édifièrent.

Toutefois cette supposition n'a pour le moment aucun point d'appui positif; il est au contraire très probable que le magma issu d'un foyer unique, peut-être très ramifié, n'a pas partout exactement la même composition, ainsi que cela s'observe dans les scories vitreuses incomplètement brassées. Si nous avons affaire à une éruption considérable et de longue durée, ainsi que l'exige le mode de formation monogène des montagnes volcaniques, à une éruption dans laquelle peut-être la moitié du contenu du foyer est rejetée en une fois à la surface, il est bien plus probable qu'on constatera une dissemblance chimique et minéralogique plus marquée entre les différentes parties que dans les déversements rocheux, relativement minimes de l'époque actuelle, qui depuis des milliers d'années proviennent exclusivement d'une zone déterminée du foyer en voie d'extinction.

En décrivant les édifices volcaniques, on s'est surtout préoccupé de tenir compte des différences entre les espèces de roches pour expliquer leur disposition topographique, et mettre celle-ci en rapport avec des schémas préconçus. Au lieu de conclure de la morphologie des constructions éruptives, qui trompe rarement, à leur mode de formation, on a suivi une direction scientifiquement inacceptable, en prenant pour démontré ce que la recherche géologique n'avait pas encore établi, et en partant de là pour expliquer l'activité volcanique jusque dans les âges les plus reculés. Aujourd'hui nous ne pouvons plus nous dissimuler que l'on ait versé dans cette erreur. C'est en nous plaçant à ce point de vue pétrographique que nous apprécions nettement toute l'importance que présente, au point de vue génétique, la distinction entre édifices monogènes et polygènes. Ce n'est ni de l'analyse chimique, ni du microscope, que nous devons attendre des éclaircissements comparables à ceux que nous promet la topographie des montagnes volcaniques. Il est dès lors inutile d'établir plus longuement que le noyau monogène des volcans est dans certains cas très grand, et dans d'autres plus petit.

On pourrait se demander ici s'il n'y aurait pas lieu d'admettre dans l'intérieur de l'édifice central monogène, une sorte de cratère de soulèvement dans le sens de L. von Buch, c'est-à-dire un cratère de soulèvement dont le rempart serait constitué par des couches sédimentaires redressées pendant la sortie violente du magma.

Cette supposition irait à l'encontre de tout ce que nous savons. Partout où de

puissantes masses de lave se sont fait jour, sur terrain volcanique ou non, elles sont arrivées à la surface sans soulèvement ni retroussement des couches préexistantes. Les exemples instructifs à cet égard ne nous manquent pas. Citons la vaste coulée de lave du Ledschah dans la Syrie septentrionale, couvrant une surface de 600 à 800 kilomètres carrés; puis l'imposant fleuve de matières fondues de Es-Zakije, qui, jaillissant des couches crétacées au pied du grand Hermon, a franchi une distance de plus de 30 kilomètres; ensuite les grands épanchements laviques sortant des pentes sans cratères de l'Antisana et du Guamani. Tous se sont frayé passage sans donner lieu à une intumescence quelconque du sol.

Mais s'il est admissible que tous les volcans sont intérieurement de nature monogène, comme nous l'avons vu, et s'ils sont aussi pour la plupart éteints, il s'ensuit que les foyers appartenant à ces derniers tout au moins doivent être épuisables.

Nous n'avons de distinction à faire qu'au point de vue de la manière dont l'épuisement a eu lieu, ou dans certains cas a encore lieu : les uns s'éteindront après la construction de l'édifice monogène par un petit nombre de grandes éruptions; les autres, par un grand nombre de petites éruptions. La multiplicité des éruptions nous apprend toujours que les résistances, dans le conduit souterrain, sont facilement vaincues. Mais lorsque les résistances sont faibles, il ne peut se former que des cônes abrupts, car alors les quantités émises sont minimes, et, si elles sont fluides, ne fourniront pas un long trajet; si elles sont solides, la majeure partie retombera dans le voisinage de l'orifice de sortie et favorisera à plus forte raison l'édification d'un cône aigu stratifié. Ce n'est qu'en présence de grandes résistances que se formeront des constructions volcaniques de grande étendue et de forme irrégulière.

Outre les raisons tirées de considérations générales, nous pouvons aussi trouver, dans l'apparence morphologique et la constitution tectonique des édifices éruptifs, toute une série de preuves directes pour justifier la naissance monogène des montagnes volcaniques.

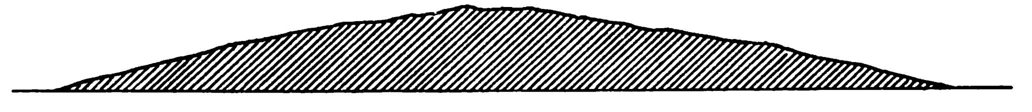


FIG. 1.

Celui qui passe en revue les diverses régions riches en volcans, se convaincra bientôt qu'un grand nombre parmi eux présentent des formes différant essentiellement de celle d'un simple cône, et c'est là la preuve la plus palpable de leur nature monogène.

Beaucoup de grandes montagnes volcaniques, même lorsqu'elles possèdent une forme plus ou moins conique, ne paraissent pas avoir été accumulées à la suite d'un grand nombre de petites éruptions. Il faut ranger ici, d'une part, les montagnes

en cône très surbaissé (fig. 1), et d'autre part celles dont les pentes sont moins inclinées en haut que vers la périphérie (fig. 2 et 3).

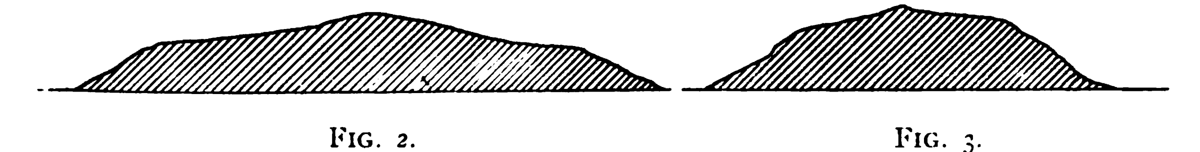


FIG. 2. FIG. 3.

Aux montagnes citées dans les exemples précèdents et ne permettant pas davantage la supposition d'une accumulation graduelle provenant d'un centre éruptif, il faut en outre ajouter les massifs allongés, tels que celui des montagnes de Hauran avec 60 kilomètres de longueur, sur une largeur de moitié moindre, ainsi que le grand nombre de montagnes à caldera dont la cavité cratériforme a un très grand diamètre par rapport à la hauteur de l'enceinte.

En étudiant la forme extérieure des constructions volcaniques, il ne faut naturellement pas perdre de vue les modifications que les agents atmosphériques leur ont fait subir depuis d'innombrables milliers d'années, et même des millions d'années, qui ont déterminé l'érosion superficielle, la formation de vallées ainsi que des dépôts localisés de matériaux sédimentaires et éoliens. De cette manière, des vallées de 500 mètres et même peut-être de 1,000 mètres de profondeur ont pu être creusées dans les grands massifs volcaniques, mais ce ne sont pas seulement ces preuves de la puissance des actions érosives qu'il y a lieu de considérer : il y a en outre toutes les modifications que l'ensemble de la surface de l'édifice a subies sans que l'aspect extérieur du massif ait été changé. Pourtant malgré toutes ces transformations morphologiques, même là où elles ont été le plus profondes, les constructions volcaniques de la plupart des pays ont conservé les traits essentiels de leur forme primitive, de sorte que nous pouvons encore déterminer avec une grande certitude par les formes qu'elles possèdent aujourd'hui les limites de ces altérations. Jamais les montagnes coniques aiguës ne sont devenues des dômes surbaissés, et vice versa; un enfoncement cratériforme ne s'est jamais transformé en une caldera par suite de l'érosion; là où du magma incandescent pâteux et de l'agglomérat peu cohérent n'avaient pas été pressés en une masse pointue, les agents atmosphériques n'auraient pu façonner ces pyramides rocheuses qui nous paraissent si bizarres aujourd'hui; ces profondes vallées, dont la masse montagneuse est actuellement sillonnée, avaient déjà leur emplacement déterminé par les irrégularités de la construction éruptive primordiale.

Parmi les créations volcaniques, la montagne à caldera occupe actuellement la première place. Son importance génétique, surtout quand elle est associée à un cône éruptif plus récent, a été reconnue par les géologues anciens et modernes; néanmoins il est arrivé souvent que relativement à leur origine, on se soit trouvé devant un problème à la solution duquel on a dû renoncer. Rien ne saurait mieux montrer l'absence de plan dans les recherches vulcanologiques que la façon dont

on a traité la question de la caldera depuis le moment où elle fut soulevée jusqu'à nos jours.

Il ne semblera pas superflu de consacrer quelques mots à la conception à la fois topographique et génétique, exprimée par la désignation depuis longtemps admise de « montagne à caldera ». Topographiquement parlant, la montagne à caldera se présente comme une montagne plus ou moins conique, généralement très grande, dont toutefois la dépression cratériforme présente un diamètre si considérable relativement à la hauteur et à la circonférence de la masse totale, qu'il n'est pas possible d'expliquer l'accumulation progressive de cette dernière autour d'un cratère si considérable, et relié à un conduit de dimensions correspondantes, surtout si l'on tient compte des conditions tectoniques du rempart annulaire lui-même.

Extérieurement la *caldera* se distingue des enfoncements cratériformes ordinaires par ses pentes à pic sur le côté intérieur de la chaudière, en sorte que la disposition des bancs superposés constituant la masse montagneuse se trouve mise à nu.

On ne saurait tracer une limite précise entre la montagne à cratère ordinaire et une montagne à caldera; toutes les formes de passage existent. Il y a de grandes montagnes à cratère qui, malgré la grandeur de cette cavité, ne sont pas des calderas, et de petites montagnes à caldera qui, malgré leurs dimensions réduites, doivent cependant être considérées comme telles, précisément parce que le concept *caldera* n'est pas topographique, mais bien exclusivement *génétique*.

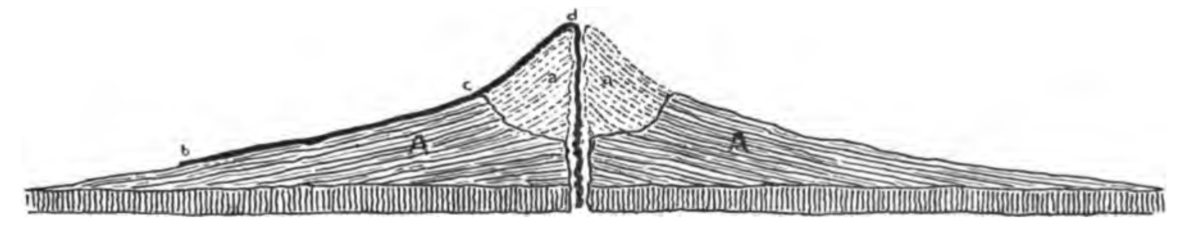


FIG. 4. — Mode de formation de la caldera tel qu'on se le représente ordinairement.

A. Ancien strato-volcan.
a. Partie qu'on suppose enlevée plus tard par explosion.
b, c, d. Coulée de lave.

Par suite de la tendance bien compréhensible de prêter exactement ce même mode de formation par accumulation progressive à tous les volcans, ainsi que cela se passe sous nos yeux pour le Vésuve et le Stromboli par exemple, on a été amené à considérer aussi les montagnes à caldera comme étant des édifices polygènes. Pour expliquer le dépôt de ces accumulations par des matériaux issus le long de leur axe, beaucoup de géologues supposent qu'elles furent primitivement des cônes aigus, et que la formation de leur vaste gouffre actuel dépend d'un effondrement ultérieur ou d'une « explosion » de toute la masse interne de la montagne,

qui entourait autrefois un conduit éruptif étroit. La Somma aurait donc été une montagne présentant au moins le double de sa hauteur actuelle, comme l'indique la figure 4. Mais si l'on demande quand a eu lieu cet effondrement ou cette « explosion » ; quelle est la cause qui a produit l'un ou l'autre de ces effets, et où en sont restés les débris, la réponse fait défaut. Il en est de même pour la question bien plus importante encore : comment il se fait que ces événements ont toujours eu exactement la même conséquence dans d'innombrables cas, à savoir, la formation d'une caldera?

Que les calderas soient des cratères d'effondrement, cela est incontestable, mais il est certain qu'il n'y a jamais eu au-dessus de ces vastes cavités, de cône dont les pentes rapides recouvraient celles du rempart actuel.

L'existence antérieure d'un cône élevé, rejeté par la suite, précisément à l'endroit où se trouve maintenant une caldera, est contredite par les calderas latérales et les calderas doubles. En effet, le gouffre est loin d'être toujours situé au centre du massif précisément là où il était le plus élevé : il est au contraire souvent sur le côté de celui-ci, de sorte que le sommet primitif est encore conservé actuellement malgré la formation de la caldera, ainsi que l'indique la figure 5, et sans que pour cela il appartienne à la circonvallation même de la cavité, ni qu'on puisse le considérer comme une montagne éruptive particulière. Un exemple remarquable à l'appui de ce qui précède, est donné par la situation de la caldera de Madère, le *Corral Grande ;* on en trouve d'autres non moins probants dans les Açores. Il arrive enfin que le retrait des masses éruptives, auquel la formation de la caldera se lie, se fait en plusieurs points d'un massif étendu, ce qui produit des doubles calderas (fig. 6) de formes et de dimensions différentes, notamment avec des vallées dans le rempart. L'île de la Réunion est à citer comme une double caldera dont les dimensions sont des plus vastes.

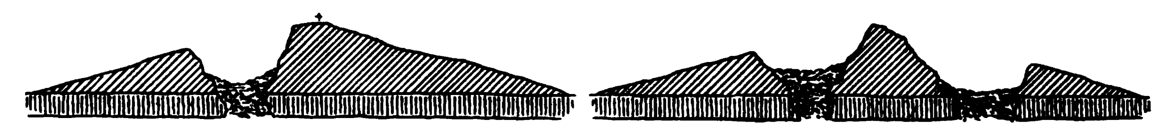


FIG. 5. — Caldera latérale.

+ Sommet de la montagne.

FIG. 6. — Double caldera.

Nous croyons avoir donné une explication plus naturelle et plus satisfaisante de la formation des calderas que celle admise jusqu'ici ; plus naturelle, parce qu'elle se fonde sur la genèse de la montagne elle-même, et plus satisfaisante parce que dans certaines conditions ce mode de formation devait fatalement se produire.

Ainsi que nous l'avons vu, toute création volcanique qui débute en un point où il n'y a pas eu d'éruption antérieurement, survient brusquement, et le magma est expulsé à flots comme le liquide jaillissant d'un puits artésien. Il s'ensuit que vraisemblablement dans bien des cas, après la sortie de la majeure partie de la

materia peccans, la force propulsive diminue subitement, et la poussée du magma cesse aussi rapidement qu'elle avait commencé; alors l'intérieur des masses soulevées (fig. 7), pour autant qu'elles ne soient pas encore figées, retombe entraînant

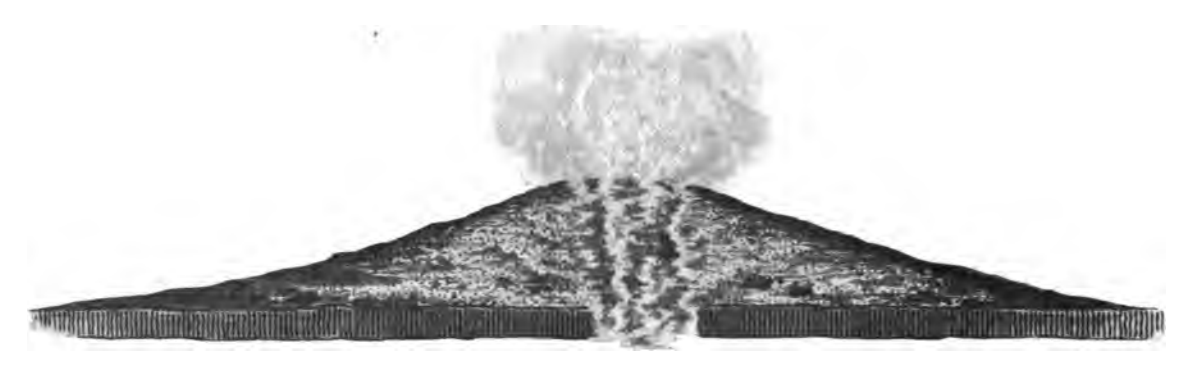


FIG. 7. — Montagne volcanique avant la formation de la caldera.

Dans ce stade, la montagne monogène ne paraît pas encore avoir de conduit éruptif et de cratère limités. Ceux-ci ne se formeront qu'au moment où, durant le processus de refroidissement de l'amas, la sortie des gaz et des vapeurs se sera localisée plus longuement en un point déterminé, soit au sommet ou sur le flanc de la montagne. Un semblable conduit cratérien ne peut avoir qu'une faible profondeur. Un conduit réellement profond ne sera ouvert que lorsque le foyer entrera, tôt ou tard, dans sa deuxième période éruptive et se trouvera dans la nécessité de frayer à ses produits éruptifs une nouvelle sortie au travers de l'obstacle qu'il s'est créé lui-même par l'accumulation de la montagne pendant sa première période éruptive.

Lors des puissantes explosions qui accompagnaient le refoulement intermittent de la masse lavique du Georgios I (Santorin, 1866), son bombement terminal s'ouvrait, laissant voir l'incandescence interne, chaque fois pour quelques instants seulement, puis se refermait toujours après l'explosion, de manière qu'il ne restait qu'une croûte de blocs fumant faiblement. Mais il n'y eut pas de gouffre cratérien.



FIG. 8. — Montagne après formation de la caldera.

Les parties sombres sont solidifiées; les parties plus claires sont encore à l'état incandescent pâteux.

les matériaux déjà solidifiés dans la conduite d'amenée que les masses fondues avaient forée et progressivement élargie, et qui était restée vide après l'éruption. Dans l'édifice de la montagne, qui a peut-être nécessité des mois et des années d'activité continue pour se former (fig. 7), s'est maintenant creusée la caldera (fig. 8); sa formation est la conséquence nécessaire de ce processus éruptif. Mais puisqu'un très grand nombre d'édifices volcaniques se rangent dans l'une ou l'autre des innombrables formes de montagnes à caldéra, nous en concluons que la marche du processus éruptif qu'on vient de décrire est le mode normal, et que,

dans tous les cas, le retrait en profondeur des masses éruptives a été subit; et c'est encore ce que nous observons généralement aujourd'hui dans les volcans actifs.

D'après notre conception génétique de la caldera, celle-ci peut se définir comme un cratère d'effondrement qui naît — indépendamment de tout orifice de déversement antérieur ou actuel — uniquement par le retrait brusque des masses de lave dans le conduit éruptif d'une montagne volcanique monogène avant la complète solidification de celle-ci, marquant ainsi l'acte final de la formation monogène.



FIG. 9. — L'une des crêtes de montagnes, disposées radialement autour d'une vaste caldera, qui constitue l'élément principal de la partie volcanique de l'île de Madère. Elle forme la paroi orientale de la vallée de la Ribeira de São Vicente.

Le dessin montre la superposition par bancs des masses éruptives (en partie des laves, des tufs, des agglomérats), ainsi que les talus d'éboulis au pied de la paroi. Longueur de la partie représentée : 6 à 7 kilomètres. Hauteur : environ 1700 mètres. Point de vue : le chemin vers Paul da Serra, à environ 400 mètres d'altitude. (Extrait de la collection d'esquisses et de cartes destinées à élucider la constitution géologique de l'île de Madère, du Grassi-Museum de Leipzig. Dessin de l'auteur; quart de l'original.)

Il ne s'ensuit pas que les montagnes volcaniques monogènes doivent être exclusivement formées d'accumulations de magma en fusion; il paraît au contraire très compréhensible que de grandes quantités de matériaux clastiques puissent y être associées, le magma devant certainement pousser devant lui des masses colossales de scories incandescentes pâteuses et de décombres vitrifiés, avant de trouver un chemin libre vers la surface. Ces agglomérats scoriacés, laminés et pétris avec le magma, traversés par des filons écrasés, croqués, arrachés et étirés, comme on les voit affleurer par exemple dans l'intérieur du cirque de la Somma, constituent très souvent la masse principale d'une montagne monogène à caldera.

L'éruption du Krakatoa, en 1883, qui fournit énormément de matériaux (on évalua leur volume à 18 kilomètres cubes), n'était qu'une sorte de création monogène de dimensions très considérables, même si nous admettons que l'évaluation volumétrique ait été exagérée de plus du double. Toutefois cette éruption se distingue de celles des âges antérieurs par le fait que son orifice monogène ne repose pas directement sur un sol sédimentaire, mais qu'il s'agissait ici du réveil d'un foyer ancien, qui avait déjà été actif autrefois. Combien plus puissantes ne furent pas les éruptions, lorsqu'elles eurent à percer l'ensemble des systèmes de couches compris entre le Dévonien et le Crétacé et même le Tertiaire !



Fig. 10. — Disposition par bancs des masses de lave dans les parois du Barranco del Infierno à Ténériffe. (D'après M. le professeur Hans Meyer.)

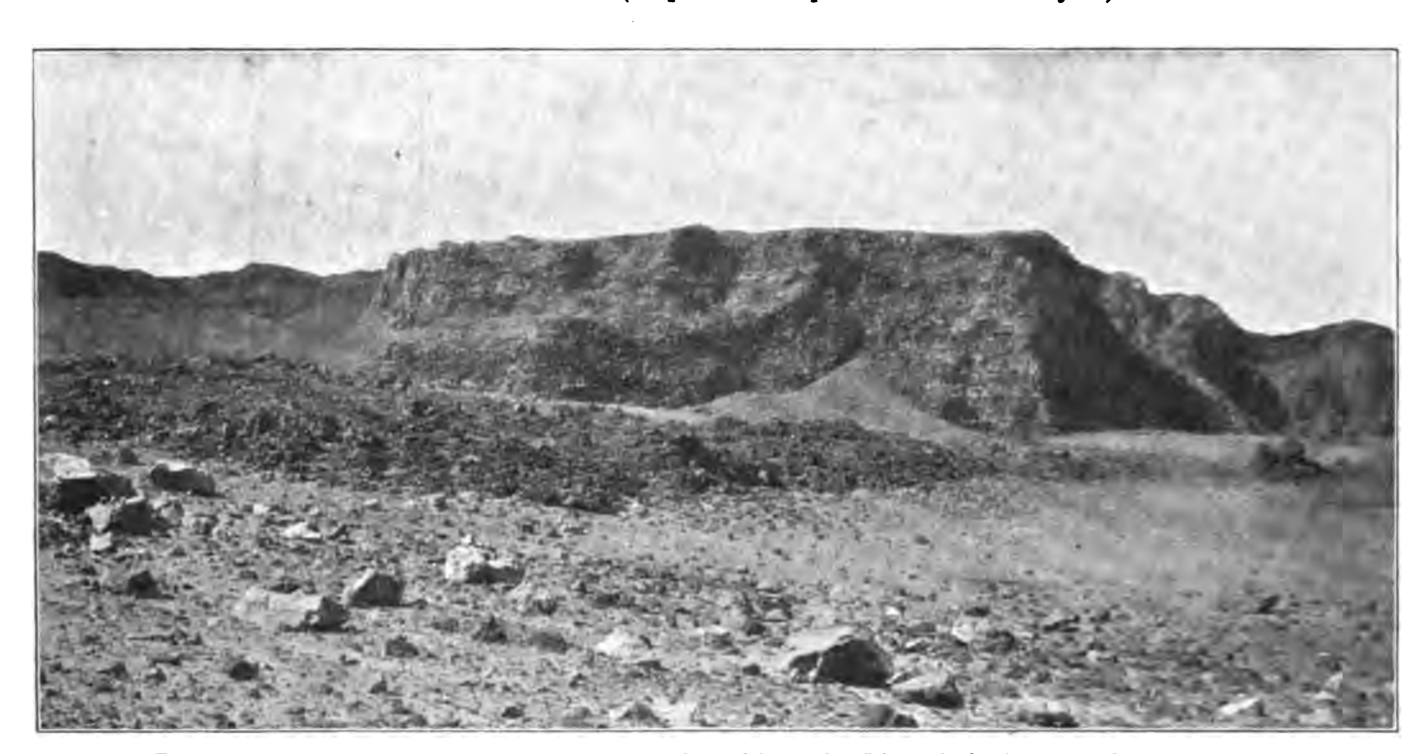


Fig. 11. — Partie du rempart entourant la caldera du Pico Viejo à Ténériffe, montrant clairement la disposition par bancs et la faible inclinaison de ceux-ci vers l'extérieur.

Le diamètre de la caldera est d'environ 1500 mètres, la hauteur de la muraille circulaire de plus de 100 mètres en moyenne. « Le tout », dit le professeur Hans Meyer, « est en quelque sorte un cirque de cañadas en petit ». Il serait difficile de démontrer que la caldera de Pico Viejo a pour origine un grand nombre d'éruptions très espacées dans le temps, émises par un centre spécial. Or ce qui est admissible pour le cirque des cañadas en petit, doit l'être pleinement pour le grand cirque des cañadas proprement dit.

L'événement du Krakatoa nous rappelle plus particulièrement la création monogène par la cessation brusque de l'activité volcanique, aussi soudaine que l'avait été son début.

On est frappé, lorsqu'on examine de grandes montagnes volcaniques constituées principalement de bancs de lave superposés, par le fait que ces bancs, quoique de faible puissance, d'un ou de quelques mètres, s'étendent sur des milles de distance avec une inclinaison très faible, de quelques degrés seulement (fig. 9). En outre ces bancs sont le plus souvent si intimement joints entre eux, qu'on n'observe entre leurs surfaces de contact presque pas de lits scoriacés ou terreux (fig. 10 et 11).

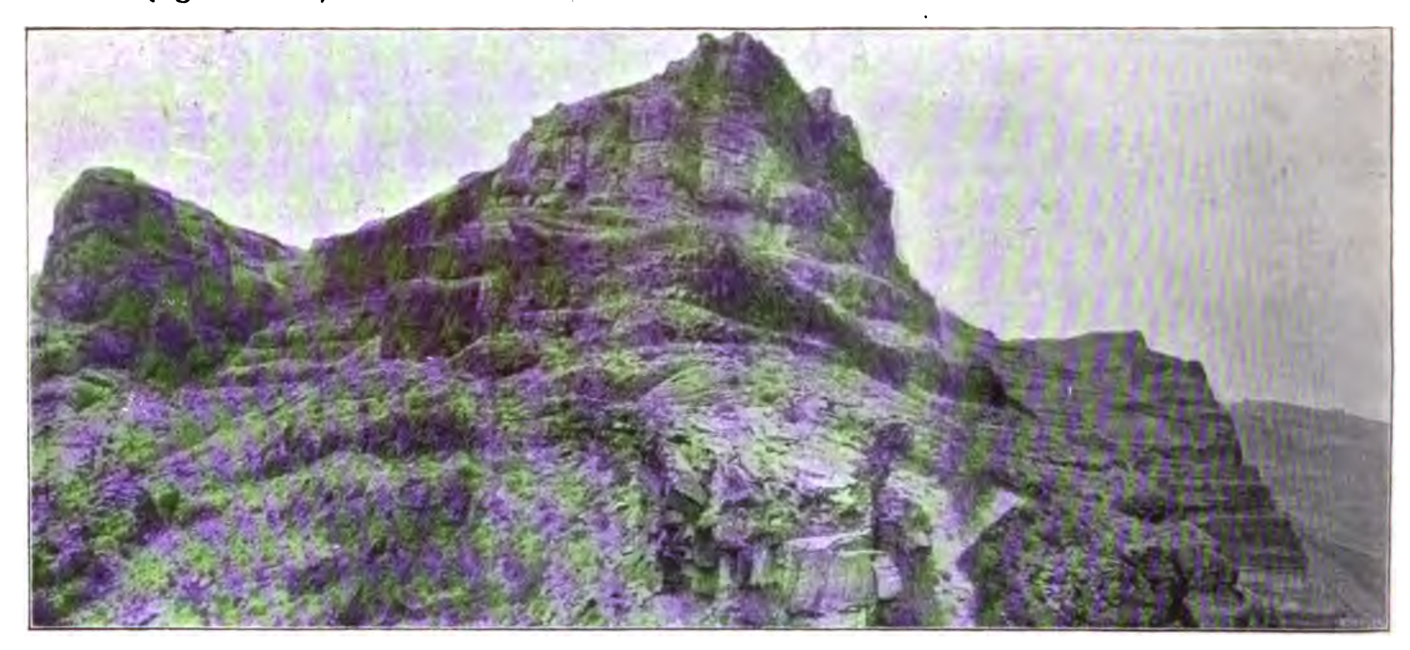


Fig 12. — Exemple d'une disposition distincte par bancs, dans le rempart de la caldera de Tirajano, de l'île Gran Canaria.

Vue de la Cumbre sur les parois à pic ayant jusque 450 mètres de hauteur. Point de vue : l'une des crêtes près du Paso de la Plata, à 1290 mètres d'altitude. Cette disposition en bancs ne peut guère avoir été produite par des épanchements laviques, qui seraient sortis par intervalles coupés de longues pauses, d'un cratère terminal, pour s'écrouler successivement les uns sur les autres.

Un exemple non moins remarquable d'une structure par bancs est donné par la figure 16 : on y voit les couches réunies dans une coulée de faible épaisseur.

Ces structures étranges s'expliquent complètement lorsqu'on se représente que dans les formations monogènes le magma en fusion s'épanche non pas en coulées, mais que ses flots puissants forment des nappes recouvrant des kilomètres carrés, de telle manière que les vagues supérieures, dégorgées par saccades, se précipitent sur celles qui descendent plus bas, pendant que ces dernières se meuvent encore, de sorte que les vagues se dépassent les unes les autres. Ce n'est qu'en admettant un semblable processus que nous pouvons comprendre comment sur des parois de vallées



Fig. 13.



Fig. 14.

Vues de bancs et de filons de lave dans l'intérieur de la caldera de Palma.

La vue figure 13 montre particulièrement bien la disposition des filons de lave, leur faible épaisseur, de quelques centimètres seulement, leur minime étendue, leur interstratification en amas isolés dans la masse fondamentale, leur étirement, leur ploiement tantôt vertical, tantôt horizontal, leur disposition en bancs; caractères qui tous semblent aller à l'encontre de la supposition qu'ils seraient amenés par une injection magmatique. Nous y voyons au contraire la preuve de la naissance simultanée de l'ensemble des couches rocheuses et des formations filoniennes qu'elles renferment; puis aussi celle que la masse fondamentale traversée par les filons n'était pas encore entièrement solidifiée; et enfin que la masse filonienne elle-même ne vient pas de bien loin.

abruptes d'une hauteur de 300 à 500 mètres nous puissions voir à nu des assises qui semblent coulées d'un jet. Madère, Ténériffe, les Açores et beaucoup de volcans de l'Amérique du Sud en offrent des exemples.



FIG. 15.

Exemple typique de la disposition, par bancs, de couches peu inclinées telles qu'on les voit sur les parois des vallées rayonnantes des îles volcaniques.

Vue de front d'une paroi d'une vallée de la côte nord de Ténériffe près du port de Garachico. On distingue sur cette image des laves plus récentes appartenant à une coulée de l'éruption de 1760, qui s'est épanchée dans la vallée.

De cette manière se formèrent aussi des strato-volcans, qui comptent parmi les plus remarquables de leur espèce : remarquables en ce que leurs bancs s'étendent souvent sur des kilomètres, bien qu'ils n'aient qu'une faible puissance et une inclinaison à peine perceptible. La structure du strato-volcan polygène, dessinée d'une manière toute schématique, se présenterait comme l'indique la figure 17, tandis que celle du strato-volcan monogène est représentée par la figure 18.

Chaque montagne volcanique monogène est constituée par la partie de la masse du magma qu'un foyer localisé est obligé d'expulser du commencement à la fin de sa première période d'activité. La nature même du processus exige que l'évacuation

des matériaux soit surtout intense au début de l'activité et diminue vers la fin, et cette marche de l'ensemble du phénomène se traduira tantôt plus, tantôt moins, par une diminution du diamètre de la montagne vers le haut, aussi bien pour les bancs que pour les matériaux (par exemple prédominance d'agglomérats).



Fig. 16.

Profil d'une coulée de lave non loin de Brazenhead à Madère.

Il nous donne un exemple instructif de la façon dont une masse de lave fluide coulant sur un support incliné, se décompose en coulées minces, superposées et séparées par de faibles couches de scories; après solidification l'ensemble prend l'aspect d'un système de bancs rocheux parallèles. Non seulement ces bancs montrent des renflements locaux, mais ils laissent encore reconnaître la réunion intime de plusieurs d'entre elles en assises plus épaisses. Cette disposition, visible ici en petit, paraît de nature à expliquer plus convenablement les bancs se montrant à une échelle bien plus considérable dans les îles de l'Atlantique, que la supposition qui fait correspondre le nombre des couches au nombre des épanchements cratériens séparés les uns des autres par de longues pauses.

G. Hartung, auquel on doit ce croquis, remarque à ce sujet : « de la lave scoriacée, rouge, *a*, sortent de minces bancs de lave bulbeuse, alternant avec des scories, *b*, qui s'inclinent d'abord sous des angles de 20° à 30°; mais, plus bas, en *c c* et *d*, ils passent à des couches plus puissantes, moins inclinées, et à une masse rocheuse épaisse. Le support de ces masses de laves consiste en couches durcies de lapilli et de tuf ». (G. Hartung, Madeira, page 296.)

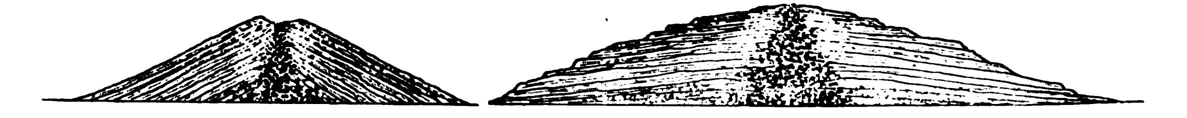


Fig. 17. — Sructure du strato-volcan polygène.

Fig. 18. — Structure du strato-volcan monogène.

La disposition en bancs qu'on vient de décrire est, à notre avis, une des preuves les plus frappantes de l'origine monogène de certains grands massifs montagneux. Dans son remarquable ouvrage sur les Açores, Hartung l'a sans cesse rappelée, sans toutefois en donner une explication suffisante, influencé qu'il était par les

idées de Lyell, suivant lesquelles tous les phénomènes géologiques, donc aussi ceux du volcanisme, se seraient déroulés aux époques antérieures de la même manière que de nos jours.

Mais outre cette disposition en bancs, qui est produite par la superposition d'épanchements d'abord projetés dans l'atmosphère, et couverts à leur tour par les couches de matériaux rejetés ensuite, il y en a aussi une autre qui peut apparaître dans l'épaisseur d'une même nappe, lorsqu'elle est très puissante, et qu'on peut raisonnablement considérer comme une action de retrait, assimilable jusqu'à un certain point au retrait qui a pour résultat la formation de colonnes. La figure 19



FIG. 19. — Laves della Pentimastalla au Campo d'Annibale dans les monts Albains.

Puissante coulée de lave divisée en couches de faible épaisseur, comme le montre la gorge profonde. L'indication de cette localité et la photographie qui la représente sont dues à l'obligeance de M. le professeur G. de Angelis, à Rome.

montre cette espèce de bancs dans une masse épanchée d'au moins 50 mètres d'épaisseur, dans le Campo d'Annibale (Monts Albains), telle qu'elle est visible dans une gorge d'érosion à parois presque verticales. Dans ses études vulcanologiques relatives à l'éruption de Santorin en 1866, Julius Schmidt a montré, par un exemple très instructif, que même dans l'intérieur d'une masse de lave pâteuse encore en mouvement il peut se produire une « stratification » nette.

Quoique dans beaucoup de formations monogènes l'accumulation se soit produite par une voie analogue à celle que nous observons encore maintenant, mais à une échelle beaucoup plus considérable et sans longs intervalles de repos, il faut encore considérer un deuxième facteur dans la genèse des montagnes volcaniques, c'est le gonflement suivi de retrait.



FIG. 20. — Croûte formée de blocs du cône endogène de gonflement « Georgios I », qui se forma lors de l'éruption de 1866 sur Nea Kaimeni (Santorin).

L'image montre la constitution de la carapace figée alors que la masse pâteuse interne de la montagne était encore en mouvement à la fois dans le sens vertical et horizontal. Côté Ouest de la nouvelle formation en avril 1866. — D'après une photographie de M. M.-D. Constantinos, d'Athènes.

Il peut se produire, lors de l'expulsion d'une coulée continue de magma déjà pâteuse, que la masse se gonfle en une montagne sans que sa croûte puissante rapidement formée puisse être percée, et qu'un déversement ait lieu; la formation de couches par superposition se trouve donc exclue, comme nous venons de le dire. Mais il faut pour cela que l'accroissement de résistance de l'enveloppe se fasse assez rapidement pour que l'amas de roche soit tenu en fusion pendant son dégorgement (fig. 20).

C'est de cette façon que le cône d'éruption de 100 mètres de hauteur de Santorin fut formé en 1866 (fig. 21 et 22), ainsi qu'une autre montagne de même grandeur

dans l'Atrio del Cavallo du Vésuve en 1895-1897 (fig. 23, 24 et 25). Mais tandis qu'à Santorin le cône de gonflement était le siège de décharges plus ou moins espacées qui couvraient sa surface de débris, celui du Vésuve s'est formé sans aucune manifestation explosive.

Or s'il peut se produire de cette manière, sous nos yeux, des montagnes de 100 mètres de hauteur, pourquoi ne pourrait-il pas s'en former de 500 à 1,000 mètres dans le courant d'une seule éruption, pour autant bien entendu que le magma soit assez abondant et qu'il possède une consistance suffisante ?



FIG. 21. — Le cône de gonflement endogène « Georgios I » sur Nea Kaimeni en voie de développement.

Vue de l'est de la pente de l'île Mikra Kaimeni. État de la nouvelle formation à la mi-février 1866. A l'avant-plan on voit les maisons et les chapelles fortement détériorées de la petite station balnéaire de Vulcano.

Cette photographie et la suivante furent prises par M. F. Fouqué, de Paris, qui voulut bien en donner des épreuves à l'auteur.

Mais si cela est admis, nous sommes en présence d'accumulations qui pourraient nécessiter bien des milliers d'années avant d'arriver au complet refroidissement, et tant que ce refroidissement n'a pas eu lieu, nous sommes fondés à les considérer également comme des foyers périphériques, qui à leur tour produisent des éruptions plus faibles avec production de cônes de scories ou de coulées de lave.



Fig. 22. — Le cône de gonflement endogène « Georgios I » après l'éruption qui l'a formé.

Vue prise en mai 1867. Des matériaux pulvérulents ont totalement nivelé les irrégularités de la croûte formée par des blocs, de telle manière que maintenant la montagne haute d'environ 100 mètres paraît uniquement formée par déversement. Le point de vue est comme pour l'image précédente, sur Mikra Kaimeni, sauf qu'il est moins élevé.



Fig. 23. — Le cône du Vésuve et sa base WNW. avant l'éruption de 1895, vu de l'Observatoire.

Image montrant l'emplacement de la formation volcanique nouvelle représentée par les figures 24 et 25, qui fut édifiée durant la période éruptive comprise entre cette année et 1897. — D'après une photographie de Sommer, à Naples.



FIG. 24. — Le cône du Vésuve et à l'avant-plan la montagne produite par le gonflement endogène lavique de 1895, vus de l'Observatoire.

Photographie prise fin mars 1896, mais d'un point un peu plus élevé que celui des images 23 et 25. Sur les trois vues le funiculaire conduisant au sommet du Vésuve est bien reconnaissable. — D'après une épreuve d'Alinari.



FIG. 25. — Aspect final du cône endogène de gonflement après que le débit des laves eut cessé. Le Vésuve est dans le fond.

Vue prise, en 1897, de l'Observatoire, presque du même point que la figure 23. Tandis que la surface du cône endogène « Georgios I » ne consiste qu'en un amas de blocs (fig. 20), le présent cône de gonflement montre en même temps un lacis de petites coulées de lave. — D'après une épreuve de Brogi.

Et maintenant, lorsque nous voyons un édifice volcanique dont les pentes, comme celles de l'Etna, sont couvertes de centaines de cônes dont chacun est le produit d'une seule éruption, il nous paraît certainement bien plus simple d'admettre qu'ils avaient leurs foyers dans l'intérieur de la masse de la montagne qui les supporte, que de rattacher chacun d'eux à l'action du foyer central, surtout lorsqu'il existe en même temps un cratère central plus ou moins actif, par lequel le magma pourra s'échapper avec plus de facilité. Mais si nous admettions pour l'ancienne montagne principale la même formation successive jugée plausible pour ses cônes adventifs plus récents, nous ne pourrions recourir à cette explication.

Pour bien des montagnes dont le volume se chiffre par kilomètres cubes, les deux modes éruptifs, le gonflement et l'accumulation stratifiée se combineront, et cela de manière que l'éruption débutera par le gonflemeut et se terminera par le rejet et la stratification de matériaux meubles. C'est ainsi tout au moins que les choses se passèrent à Santorin en 1866, et cela se produira sans doute encore souvent. Pour cette raison on trouve très fréquemment les plus hautes parties des volcans constituées par des agglomérats. D'autres fois l'un des deux modes prévaudra du commencement à la fin.

Il ne s'agit pas dès lors d'établir s'il existe des volcans monogènes, — la question étant depuis longtemps résolue par l'affirmative, notamment pour les petits volcans tels que Monte-Nuovo, Methana, Pondoña, Golongal, Monte-Croce (Rocca Monfina), Nea Kaimeni, etc., — mais bien de savoir si toutes nos grandes montagnes volcaniques sont nées de cette manière, et si l'activité que quelques-unes montrent encore n'a contribué que dans une très faible mesure à accroître la masse de leur substruction monogène.

Nous répondons affirmativement, et nous allons même plus loin. Nous prétendons que la plupart des cônes de débris situés dans les calderas et appartenant à la deuxième période éruptive du foyer ont un noyau monogène, dont le volume est bien plus grand que l'ensemble des matériaux qui y a été ajouté dans le cours des siècles.

On ne saurait d'ailleurs assez répéter que le volcan n'est que l'accessoire, et qu'il s'agit pour la vulcanologie en premier lieu de rechercher si un foyer a eu une, ou deux, ou plusieurs périodes d'activité avant de s'éteindre, ou s'il est passé à l'état d'un soi-disant volcan actif.

L'activité éruptive a pour résultat final l'émission d'un magma fluide, et le volcan ainsi formé est monogène si le foyer est peu important ; mais si celui-ci ne peut se vider complètement, l'activité reste persistante, du moins pour la durée de la période de l'histoire humaine.

Si nous étudions les trois principaux volcans européens en état d'activité, l'Etna, le Vésuve et le Stromboli, nous sommes amenés à les considérer comme des volcans monogènes. Nous pouvons aussi admettre qu'ils sont du même âge, bien que la base du Stromboli soit cachée par les eaux de la mer, alors que les deux premiers s'élèvent au-dessus de couches sédimentaires.

L'éruption ayant eu à vaincre le poids de ces dernières, s'est faite avec une grande violence, de sorte que les montagnes ainsi formées présentent des dimensions considérables. Toutes les trois sont des montagnes à caldera.

L'Etna est formé par des roches dures provenant du magma refroidi; la montagne où s'est formée la caldera représente un cône aplati, dont la couche extérieure provient de la succession des dernières coulées de lave sorties, en partie du nouveau cratère d'éruption, en partie aussi d'ouvertures périphériques situées tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la caldera. Le nouveau centre d'éruption qui représente la deuxième période d'activité du foyer souterrain de l'Etna, se trouve sur le bord de la caldera, tandis que des centaines d'ouvertures accessoires sont disposées sur la pente extérieure de la montagne-caldera qui constitue l'Etna.

La Somma du Vésuve est surtout constituée par des agglomérats de scories traversées par des bancs et des filons de lave. Le cône de la caldera est relativement aigu et revêtu d'un manteau de tuf stratifié à pente faible. Les coulées de lave n'ont pas atteint la pente extérieure de la Somma. Le cône d'accumulation récent représentant la deuxième période d'activité se trouve au centre de la caldera. Les ouvertures éruptives de la périphérie, si nombreuses sur l'Etna, ne sont représentées ici que par une seule, qui est située sur la Somma.

La structure du Stromboli se rapproche surtout de celle du Vésuve.

Pour ce qui regarde la constitution de la Somma du Vésuve, on pourrait douter de sa constitution monogène, si on se réfère à la figure 26 que l'on trouve souvent reproduite dans les traités. On y voit les lits rocheux se continuant depuis la périphérie jusque dans l'Atrio del Cavallo. Mais ce n'est pas ainsi que les choses se présentent. Au fond des ravins creusés dans la pente externe de la Somma, on trouve des pierres ponces et des agglomérats tout à fait distincts de ceux que l'on rencontre dans l'Atrio del Cavallo. De plus les agglomérats qui constituent la paroi du cirque représenté par la Somma sont si compacts, que l'on peut admettre que leur éruption s'est faite à l'état de fusion, et c'est du reste ce qui explique le mieux la présence des laves à l'état de filons ou de lits intercalés. Il paraît donc préférable de représenter la structure de la Somma par la figure 27.

L'hypothèse d'une Somma, ruine représentant le reste d'un ancien cône plus ou moins aigu, et formé par l'accumulation des produits d'une série d'éruptions, n'a pas de base scientifique sérieuse. Quelle serait la cause de cette destruction, et pourquoi cette accumulation de matériaux n'a-t-elle pas laissé la moindre trace? Cet effondrement de la Somma Caldera a été considéré comme un exemple de la manière dont se sont formées la plupart des Caldera volcaniques du globe, mais dans aucun cas cette solution ne peut être acceptée.

On ne parvient à retrouver sur la pente externe de la Somma aucune des coulées de lave sorties du cratère du sommet du cône, comme le représente la figure 4 en *bcd*, et qui auraient contribué à l'édification du cirque actuel. On devrait donc rencontrer dans le cas présent, les coulées de lave indiquées par *bc* dans la figure 28, mais cela n'est pas le cas; on ne voit dans les ravins de la pente que des bancs de lave recouverts par le manteau de tuf.

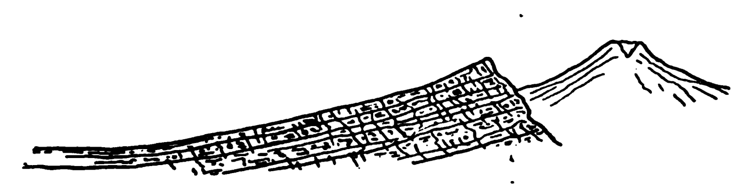


FIG. 26.



FIG. 27.

Agglomérats. Débris de la caldera d'effondrement. Tufs stratifiés.
Masses rejetées lors de la deuxième période éruptive.

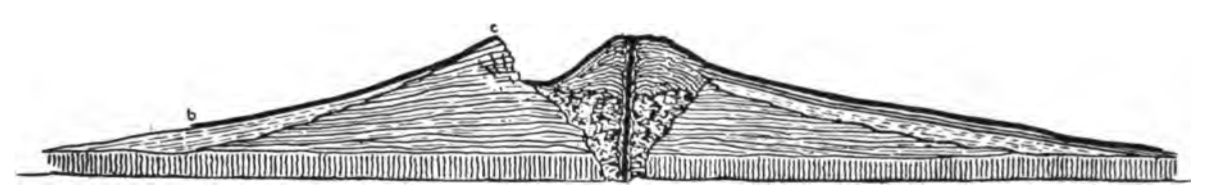


FIG. 28. — Des coulées de lave telles que *b c* ne se voient pas sur la Somma.

(Comparez à la fig. 4.)



FIG. 29. — Le Rumiñahui avec sa caldera vu de l'Ouest.

Altitude 4757 mètres (environ 1800 mètres au-dessus de la plaine de l'avant-plan). Exemple d'une caldera de sommet avec débouché en forme de vallée étroite s'étendant vers la gauche. Dans le fond le Cotopaxi et le Sincholagua. Haut plateau de l'Ecuador. — D'après un dessin de l'auteur.



Fig. 30. — La grande caldera d'Altar ouverte vers l'Ouest.

Altitude de la pointe sud, 5400 mètres (environ 1700 mètres au-dessus du fond de la vallée de l'avant-plan et environ 1100 mètres au-dessus du glacier couvrant le fond de la caldera). Haut plateau de l'Ecuador. — D'après un tableau de R. Troya, conservé avec le précédent au Musée Grassi, de Leipzig.



Fig. 31. — Le Pichupichu sur le haut plateau d'Arequipa.

Exemple d'une des plus grandes caldera connues. Elle est en forme de croissant et son diamètre doit atteindre 6 à 8 kilomètres; la hauteur du rempart circulaire est d'environ 2000 à 2500 mètres au-dessus de son substratum non volcanique (altitude de la ville d'Arequipa = 2263 mètres). Haut plateau du Pérou.

Étudions le volcan Ruminahui, qui présente une caldera nettement marquée fig. 29), et l'hypothèse paraîtra encore moins probable; de même pour l'Altar (fig. 30) dont le cône atteint plus de 8,000 mètres de hauteur. Enfin elle devient absurde lorsqu'on l'applique au Pichupichu (fig. 31), près d'Arequipa, dont la caldera présente un diamètre de 6 à 8 kilomètres et un mur de 2,000 à 2,500 mètres de hauteur, de sorte que le cône, avant de s'effondrer, aurait dépassé 10,000 mètres.

D'un autre côté, la théorie de l'explosion ne paraît pas plus satisfaisante, car la partie en place de la caldera se trouverait souvent présenter un volume beaucoup moindre que celui qui a été projeté par l'explosion, et nous savons en outre que la partie extérieure de la caldera n'a pas toujours la même constitution pétrographique que la partie centrale. Pour nous, la formation de la caldera coïncide toujours avec la formation du volcan, et ne provient pas d'une catastrophe subséquente. La cause en est toujours la même, et ne peut se reconnaître que si l'on admet le mode monogène, qui suppose que la montagne s'est formée complètement au début de l'éruption. Nos études vulcanologiques nous font regarder comme très probable la théorie que tous les volcans sont dus à une éruption monogène, et que l'activité volcanique, telle qu'elle se présente à nous dans la période actuelle, suit une évolution déterminée par les circonstances locales, et surtout par la nature du canal par lequel elle peut se frayer une voie vers l'extérieur.

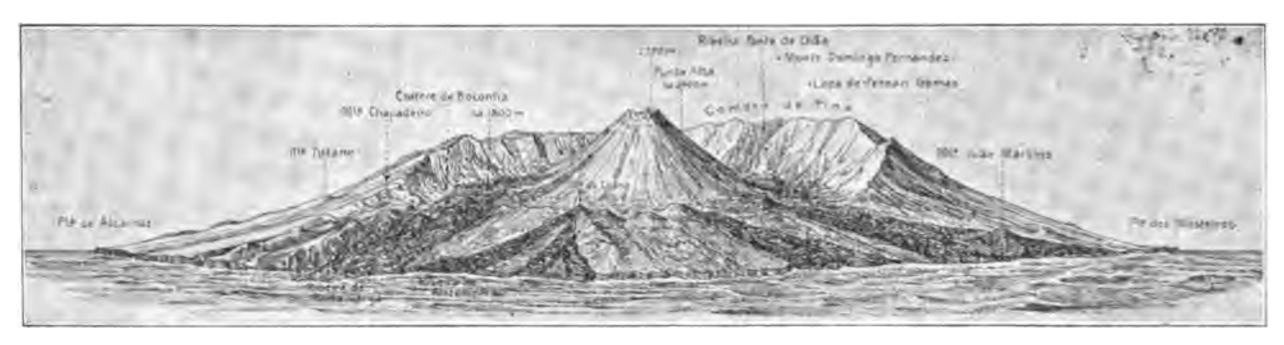


Fig. 32. — L'île de Fogo (Cap-Vert), vue de l'Est.

La double montagne éruptive — caldera avec cône plus récent — avec l'aspect particulier sous lequel on la rencontre souvent parmi les créations du volcanisme tellurique. — D'après une esquisse prise en 1863 par l'auteur. Les coulées de lave au pied du cône ont été ajoutées d'après la carte de Ch. Sainte-Claire-Deville (1846), cette partie de l'île n'ayant pas été visitée par l'auteur, et la distance à laquelle le dessin fut exécuté étant trop considérable pour permettre de reconnaître les détails.

Les montagnes-caldera à cône central sont sous ce rapport les plus démonstratives, parce qu'un examen attentif fait constater immédiatement l'énorme espace de temps qui s'est écoulé entre la formation de la caldera et celle du cône. D'un autre côté, la différence de proportions entre les deux parties du volcan ne dépasse jamais une certaine valeur, ce qui ne serait pas possible si chacune d'elles ne représentait l'évolution complète d'une période d'éruption. Même si la durée éruptive du jeune cône d'éruption s'est espacée sur des milliers d'années, celui-ci

reste beaucoup plus restreint que l'édifice volcanique de la première éruption, parce que le foyer de la profondeur ne peut plus émettre qu'une quantité plus faible de matière éruptive (fig. 32).

Nous retrouvons sur la surface de la Lune les montagnes-caldera, mais ici leur nombre et leur étendue dépassent tout ce que nous savons des volcans terrestres, qui pour se faire jour ont dû traverser à la fois les couches sédimentaires et les terrains métamorphiques.

La Lune nous laisse voir également les relations entre le cône de l'éruption récente et l'édifice ancien baucoup plus vaste. Nous pouvons les résumer dans les observations qui suivent :

1. Pour la Terre aussi bien que pour la Lune, il faut admettre un magma interne en fusion, qui cherche à se frayer un passage vers la surface.

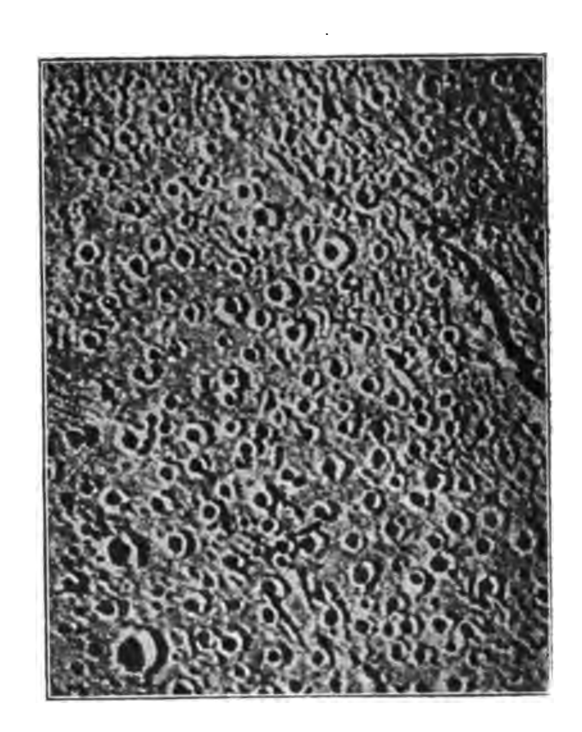


Fig. 33. — Le sol lunaire aux environs du cratère Copernicus.

Malgré leur grand nombre, les plus petits d'entre eux dépassent encore le Vésuve comme dimensions.

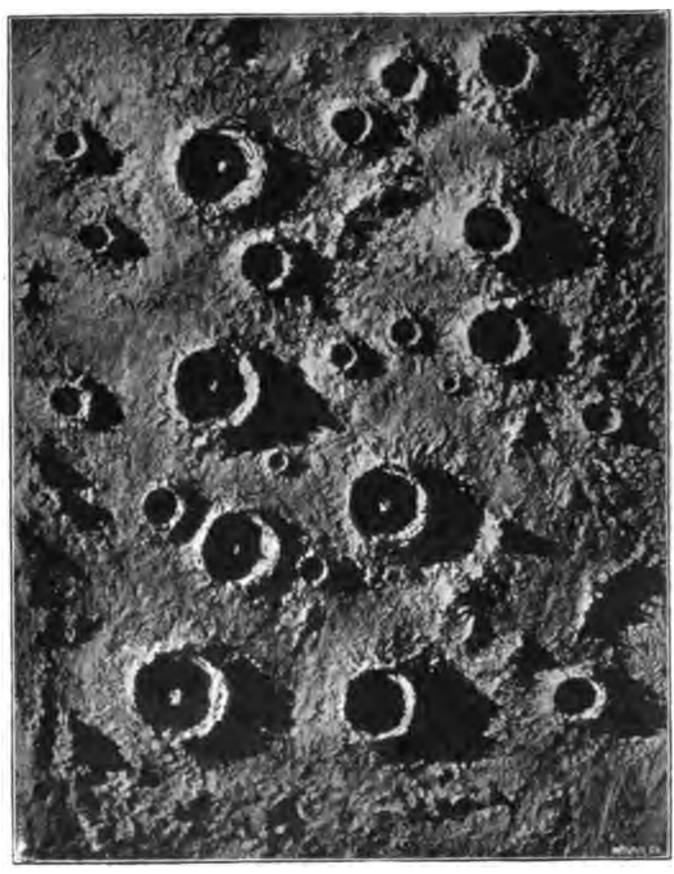


Fig. 34. — Une partie du sol lunaire aux environs du cirque Aristote.

2. Le magma très fluide est par conséquent très mobile.

3. Des masses éruptives assez importantes pour couvrir plusieurs centaines de mille kilomètres carrés d'une épaisseur de plus de 5,000 mètres, peuvent provenir d'une seule éruption.

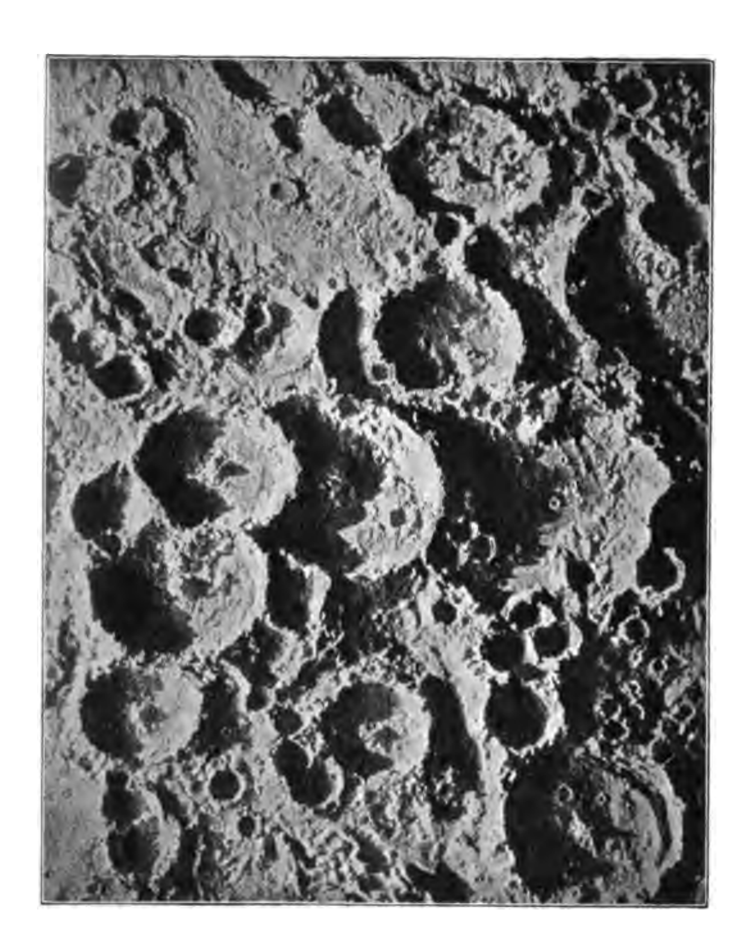


Fig. 35. — Une partie du sol lunaire aux environs du cirque Walter.

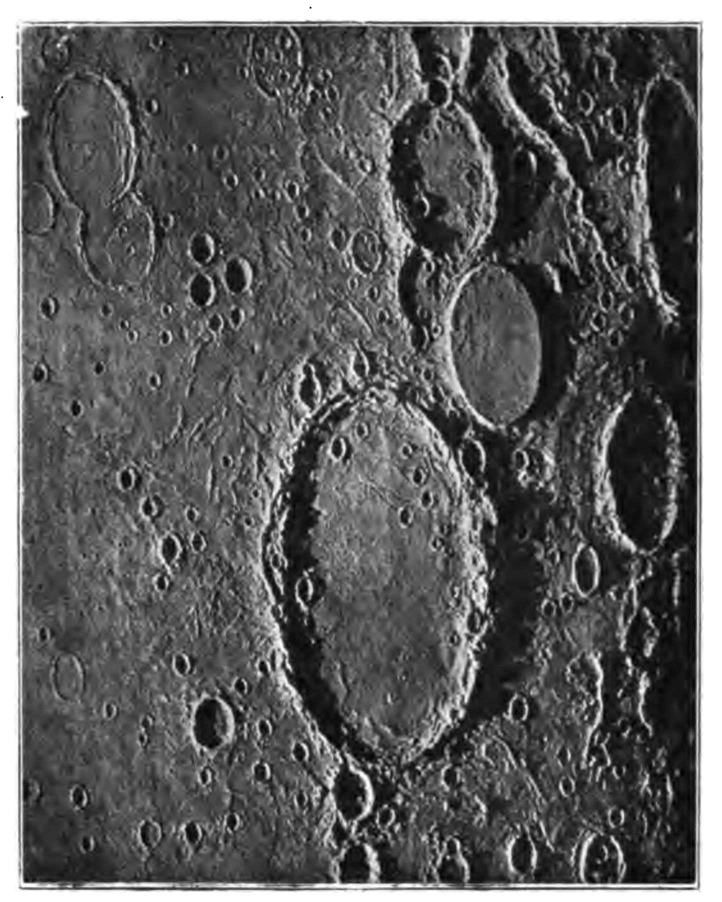


Fig. 36. — Les cirques lunaires Schickard (diamètre = 248 kil.), Wargentin (diamètre du disque comblé = 100 kil.), Phocylides, Inghirami, etc.

Les figures 34, 35 et 36 représentent trois types différents de cratères lunaires, et il est remarquable de voir que pour chaque région la majeure partie des cratères a la même configuration. Ceci permet de conclure avec certitude que les masses d'épanchement dont les cratères sont issus devaient dans les trois cas se trouver dans des stades différents d'activité (degré de fluidité, teneur en gaz, etc.) quand les bouches éruptives se formèrent, et qu'en outre chacune des trois masses d'épanchement avait cette constitution particulière sur toute son étendue.

Dans la figure 34, les centres éruptifs sont suffisamment espacés pour ne pas se toucher à la périphérie. Dans la figure 35, le rapport entre l'écartement des centres éruptifs et le diamètre des cirques est tout différent : ces derniers non seulement se touchent, mais ils empiètent même souvent les uns sur les autres. Les deux types ont de commun la présence d'un cône éruptif central. La figure 36 fait surtout ressortir la faible hauteur des remparts annulaires par rapport à leur diamètre, tant pour les plus grands que pour les plus petits. Au lieu du cône central, on voit ici des cratères secondaires éparpillés sur divers points du plancher des cirques.

4. Il y a lieu de tenir compte, surtout pour la Lune, de la mise en liberté de l'énergie provenant de l'expansion et du déplacement du magma.

5. Cette mise en liberté de forces nouvelles peut provenir de la dilatation des gaz d'inclusion ou de la dilatation du magma lors de son passage à l'état solide; on peut en outre supposer qu'il s'est produit une augmentation passagère du volume du magna au moment où a commencé la cristallisation de celui-ci par suite du refroidissement lent du foyer.

6. La « force volcanique » serait donc une production d'énergie provoquée par le refroidissement de l'astre, et la Lune nous fournit la figure de ce refroidissement, qui se répéterait pour tous les astres ayant les mêmes dimensions.

7. Si nous appliquons ces données à l'état de refroidissement actuel de la Terre, nous devons considérer le refroidissement d'une quantité déterminée de magma située à une certaine profondeur, et passant graduellement de l'état fluide à l'état solide, mais sous des conditions qui pour chaque foyer de magma ne peuvent se produire qu'une seule fois.

8. Les masses éruptives qui parviennent à la surface entraînent avec elles des parties du foyer qui n'ont pas encore atteint le stade de production d'énergie, ou qui du moins n'ont pas encore atteint leur degré maximum de dilatabilité.

9. L'extension de la masse éruptive sera d'autant plus grande que la proportion de magma à l'état fluide aura été plus importante. Les différents magma à l'état éruptif ne seront donc pas tous animés de la même quantité d'énergie, et présenteront par conséquent des dilatabilités et des augmentations de volume différentes.

10. Le magma des laves terrestres présente une augmentation de volume très faible en comparaison de celles de la Lune.

11. Beaucoup de districts de la surface lunaire sont entièrement occupés par des cratères présentant les mêmes dimensions, équivalentes aux ouvertures volcaniques les plus considérables de la Terre. Tous ces cratères sont contemporains d'une même phase de refroidissement de la masse interne (fig. 33). Par contre, dans les figures 34 et 35, nous voyons que dans d'autres régions de la surface lunaire un nombre beaucoup plus petit d'ouvertures a suffi pour l'émission du magma. Dans les parties qui ont été perforées comme un tamis, nous pouvons admettre que le magma fluide n'était recouvert que par une couche de solidification très mince, et que les phénomènes éruptifs provenaient de nombreux centres à action très limitée. Cette disp sition nous montre en outre que le dégagement des masses éruptives d'abord limité à la périphérie, ne peut provenir que de l'augmentation brusque de volume de parties limitées de la masse totale. En regard du fait constaté, que chaque éruption n'émet qu'une quantite limitée de matière éruptive, il y a en outre lieu de ne pas oublier que nous rencontrons en plusieurs points de la surface terrestre des centres d'éruption très rapprochés, et dont l'action paraît cependant être complètement indépendante l'une de l'autre. Cette constatation est encore beaucoup plus évidente pour la surface lunaire. Nous en concluons que les foyers voisins ne sont séparés que par des parois résistantes très minces, et surtout qu'il faut

localiser la force éruptive dans chaque ouverture, au lieu d'admettre l'action interne unique pour l'ensemble de la masse en fusion. Sur les îles Hawaï, nous rencontrons les centres d'éruption Kilauea et Mauna Loa à peu de distance l'un de l'autre. Et cependant on peut constater parfois des différences de 3,000 mètres entre les niveaux des laves dans les deux cratères. Il n'y a donc pas lieu d'admettre entre elles des communications superficielles. On ne peut pas non plus supposer de communication profonde, puisque l'observation a montré qu'un seul des cratères se transforme en bassin de lave, alors que l'autre ne se modifie guère. Ceux qui admettent un foyer profond commun et unique oublient la longue série de siècles qui s'est écoulée depuis que la croûte de solidification a commencé à se former, et le temps nécessaire pour l'énorme accumulation à sa surface des formations éruptives et sédimentaires qui la recouvrent.

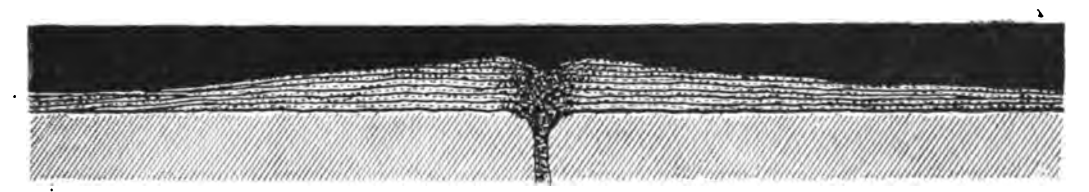


Fig. 37. — Le débordement de la masse éruptive et son étalement.

12. De la quantité importante de matière éruptive apportée à la surface (fig. 37), une partie seule y persiste en se solidifiant; le reste, qui constitue parfois la masse la plus importante, retombe dans l'entonnoir du canal d'éruption (fig. 38). Ce n'est que de cette façon que l'on peut s'expliquer les montagnes en cirque plus ou moins complet, et dont la ceinture ne présente qu'une faible hauteur relativement à son diamètre. Ce sont ces cirques ou caldera qui donnent à la Lune son aspect caractéristique.



Fig. 38. — La masse éruptive après le retrait de la partie centrale dans le conduit cratérien.

13. Les cirques de la Lune correspondent aux montagnes-caldera de la Terre; ce sont des caldera de très grandes dimensions, et ils nous donnent la meilleure preuve de la constitution monogène de la plupart des formations volcaniques de la Lune. Chaque cirque correspond à une éruption unique, c'est un édifice monogène ([1]). La seule différence entre le mode de production des cirques et celui des

([1]) Nasmyth, *loc. cit.*, p. 86. « Nous devons admettre que les cratères volcaniques de la Lune ont été formés par une éruption commune, et que la forme qui les caractérise tous provient d'un mode de formation qui fut partout le même. »

caldera ne repose que sur la différence de volume des foyers dans chaque cas, mais le processus de l'éruption n'a pas différé.

14. L'éruption présente donc deux phases, celle de soulèvement et celle de débordement du magna suivi de la rechute d'une partie de celle-ci le long du canal d'éruption.

15. Lorsque la montée et la descente du magma se répètent une deuxième et même une troisième fois, il se produit deux ou trois cirques concentriques. Si cependant la descente du magma en fusion subit un temps d'arrêt, on retrouvera sur la surface centrale du cirque des bords disposés en étages ou en terrasses.

16. La Lune nous fournit une preuve convaincante de ce mode de formation. On y constate que le fond des caldera est situé plus bas que le niveau de la périphérie et qu'il s'enfonce en entonnoir vers le centre (fig. 38).

17. On trouve à la surface de la Lune des caldera de toutes les dimensions; leurs parois peuvent se toucher extérieurement et même empiéter les unes sur les autres, d'où résultent des contours polygonaux, ce qui nous démontre que les cratères qui se réunissent en groupes distincts se sont formés en même temps.

18. La nature monogène de ces édifices volcaniques indique nettement que les foyers de magma sont localisés, et qu'ils s'épuisent rapidement, et en outre le rapprochement des cratères provient de ce que le gisement du foyer a été très superficiel.

19. Plus du tiers des grandes caldera de la Lune se distinguent par un cône d'éruption central, d'autres fois l'on a affaire à un sommet pourvu d'un cratère ou à un groupe d'éminences coniques dont le volume n'est pas toujours en rapport avec les dimensions du cirque.

20. Il est probable que ce cône s'est formé lorsque l'activité volcanique allait s'éteindre, tandis que le début de celle-ci se caractérise par la formation de la caldera.

21. La coïncidence des cônes relativement petits avec des cirques très vastes plaide également en faveur de la probabilité d'un foyer limité et peu profond.

22. La disposition des matériaux de la caldera dans le sens horizontal, indiquant une lave fluide qui s'est étalée sous l'effet de la pesanteur, contraste avec la disposition plutôt verticale du cône de l'éruption finale et peut s'expliquer en ce sens que le magma était devenu vers la fin moins fluide et par conséquent moins mobile, probablement chargé d'éléments solidifiés.

23 Le cirque ou caldera et le cône d'éruption correspondent donc à deux périodes nettement distinctes et successives de la même éruption.

24-25. Ce schéma peut s'appliquer à des milliers de cas et indique que tous ces foyers se sont rapidement épuisés, et toujours en deux actes.

26. Si l'activité avait persisté après la formation des cirques, même si elle avait été interrompue par des périodes fréquentes de repos, on retrouverait dans les différentes caldera des degrés successifs de l'accumulation des matériaux à l'intérieur de celle-ci, parce que le magma n'ayant pas eu le temps de se refroidir,

la lave serait restée fluide, tandis que l'on ne rencontre jamais que le cône central à pentes raides, qui se différencie nettement du reste de l'édifice. Une exception à cette règle nous est fournie par le Wargentin (fig. 36), dont le large bassin est rempli jusqu'au bord de magma solidifié.

27. Nous retrouvons dans l'espace de temps qui sépare les deux phases d'éruption des cirques lunaires la grande pause du premier épuisement, qui nous est apparue dans l'étude des volcans terrestres, et pendant laquelle le magma s'est solidifié avec mise en liberté de l'énergie nécessaire pour provoquer la deuxième phase de l'éruption.

28. Cependant, à côté du grand nombre de foyers périphériques qui se rencontrent à la surface de la Lune, on observe quelques montagnes et des masses éruptives dont les dimensions sont si vastes, qu'il faut bien admettre que leur formation a été provoquée par l'action directe du grand foyer central.

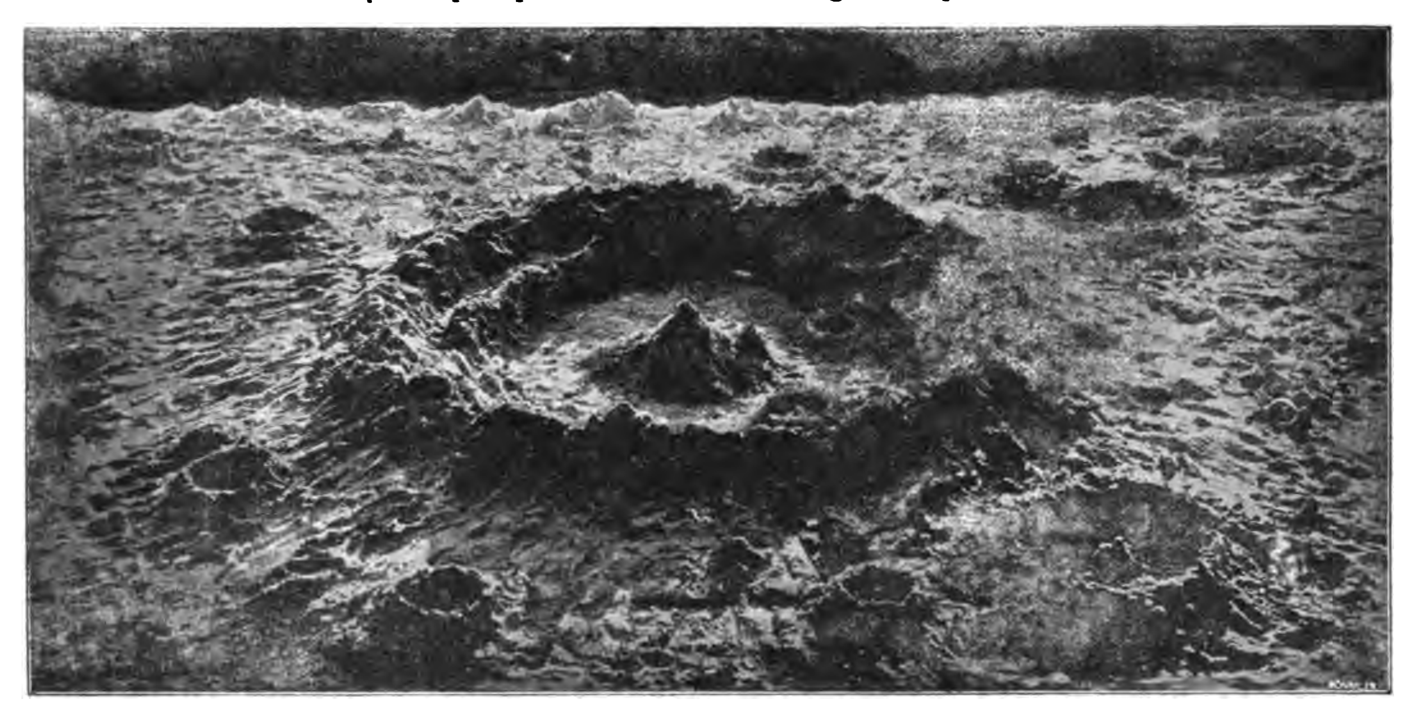


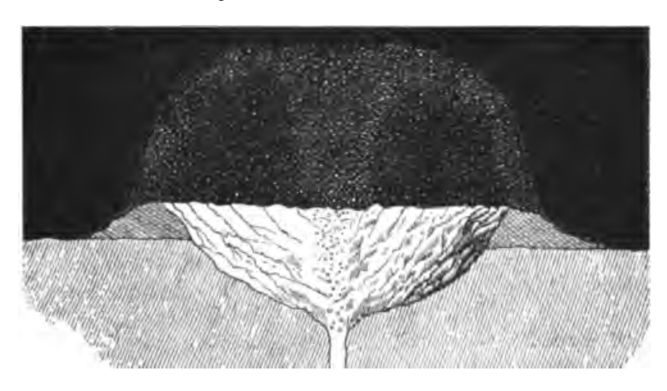
FIG. 39. — La double montagne éruptive — caldera et cône — avec l'aspect particulier sous lequel elle se présente le plus fréquemment parmi les créations du volcanisme sélénique.

29. Le fait que nous pouvons constater pour la Lune des formations datant de cette période éruptive si intense qu'elle a mis fin définitivement à la mise en liberté des forces du foyer central, nous fournit un moyen de distinguer à la surface de la Terre entre les formations ignées datant du passé le plus lointain de notre astre et les formations volcaniques, qui n'apparaissent que comme des îlots au milieu des autres formations géologiques.

30. Ce que nous voyons à la surface de la Lune, n'est pas la croûte de refroi-

dissement primitive, où apparaissent ça et là des éruptions plus ou moins considérables. Ce sont ces dernières qui, en se confondant, ont formé une couche très épaisse, qui constituent ce que l'on peut appeler « la cuirasse » de la Lune; et nous devons admettre une couche analogue pour la Terre, bien que nous ne puissions pas en constater l'existence.

31. Cette cuirasse date de la période des éruptions finales du foyer central, celle qu'en parlant du refroidissement du globe terrestre, nous avons appelée la période des catastrophes. D'un autre côté, il faut localiser à des profondeurs diverses dans la cuirasse les foyers qui ont produit la grande majorité des éruptions volcaniques.



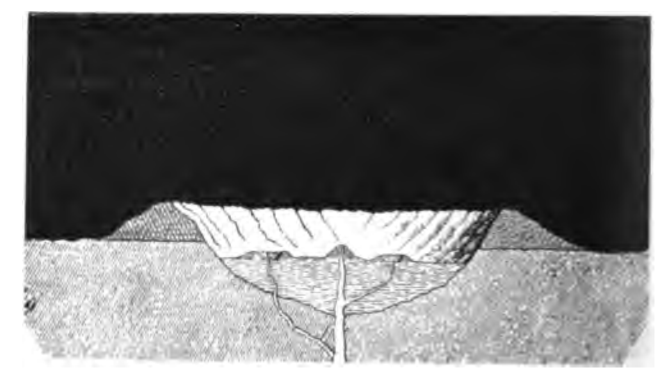


FIG. 40. FIG. 41.

Formation des caldera lunaires suivant Nasmyth et Carpenter.

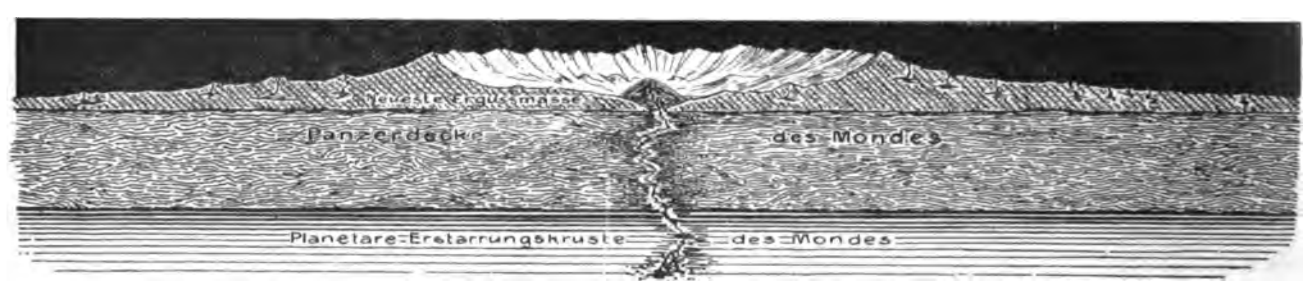


FIG. 42. — Ce croquis est destiné à montrer comment on pourrait se représenter les caldera lunaires et leurs relations avec la surface primitive de l'astre.

32. Les grands cirques de la Lune ne représentent donc pas, comme le croyait Nasmyth (fig. 40 et 41), des cratères creusés dans la surface, mais leurs parois sont constituées par la masse éruptive répandue à la surface de la cuirasse (fig. 42).

33. La rétraction par refroidissement du magma éruptif produit à la surface un réseau de fentes qui traversent aussi bien les plaines que les montagnes et les cratères profonds. Le développement considérable du réseau de fentes doit son existence à la consolidation rapide d'une épaisse couche de matière en fusion qui a recouvert toute la surface de la Lune.

34. Les fentes de refroidissement ne se produisent pas dans toutes les laves terrestres, et tous les volcans ne présentent pas de cônes parasitaires analogues à ceux des flancs de l'Etna. On peut déterminer dans les figures 8, 9 et 10 les conditions qui favorisent leur formation.

35. Alors que l'élément volcanique a une importance secondaire à la surface de la Terre, il occupe à lui seul toute la surface de la Lune.

36. Les matières volcaniques terrestres se forment pendant la période finale de la lutte des forces volcaniques contre l'enveloppe de matières sédimentaires et métamorphiques accumulées au cours des siècles. Cette lutte ne s'est pas produite sur la Lune où, grâce à l'absence d'atmosphère, les gaz et les vapeurs aqueuses en se refroidissant n'ont pas donné naissance à des mers lunaires.

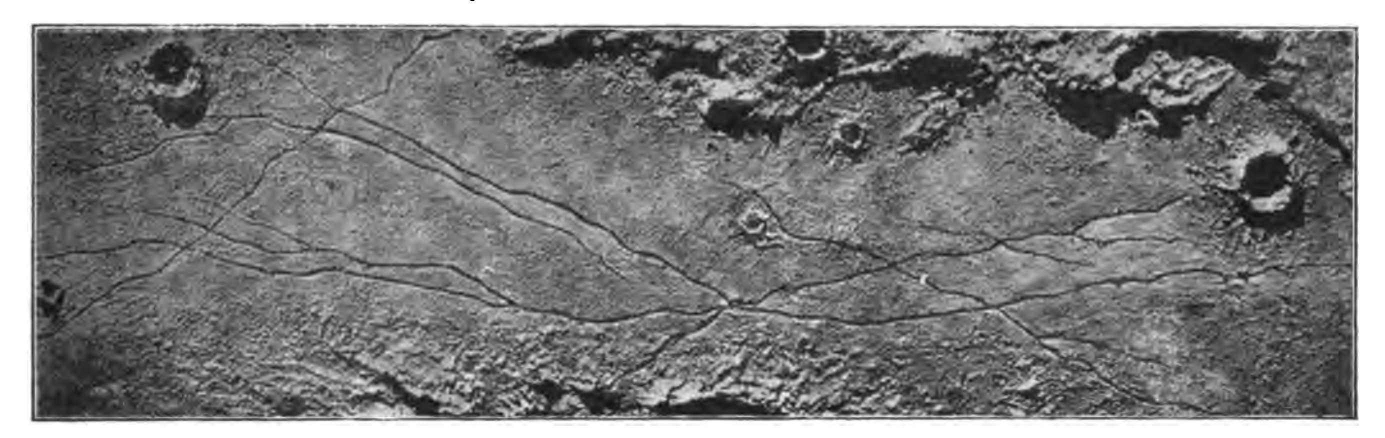


Fig. 43. — Rainures aux environs du cratère lunaire Triesenecker.

37. Pour autant que l'on puisse comparer morphologiquement les formations volcaniques de la Terre et celles de la Lune, on constate entre elles une analogie si marquée, que l'on peut admettre de part et d'autre l'identité du mode d'action des forces volcaniques; mais il résulte aussi de cette comparaison que l'étude de la surface de la Lune ne suffit pas à elle seule pour nous renseigner sur le volcanisme tellurique et ses productions.

38. Si cette comparaison pouvait se faire à l'aide des données d'une observation complète, on constaterait sans aucun doute que les formations volcaniques terrestres les plus considérables ne peuvent se mettre en parallèle avec les grandes caldera de la Lune; tout au plus pourrait-on les comparer aux plus petits des cônes centraux de la Lune. La figure 44 nous montre le cirque Walter avec son groupe de cônes centraux; c'est là un mode de formation qui se répète souvent sur la surface de la Terre. On ne pourrait les attribuer à l'influence d'un réseau de fentes préexistantes qui aurait facilité la formation de ces nombreux cônes, puisque nulle part on ne peut en constater de traces; il faut donc, par analogie, aboutir à la même conclusion pour les volcans terrestres. On rencontre du reste à la surface de la Lune deux sortes de cônes d'éruption, selon que leur formation correspond à

la première phase ou à la deuxième de l'éruption, mais il n'est pas toujours possible de les distinguer dans la pratique. C'est entre ces deux phases que s'est produit à la surface de la Terre le dépôt des matières sédimentaires, de sorte que le cône d'éruption, au lieu de se poser sur les parois de la caldera, se trouve placé sur des couches non volcaniques, constituées fréquemment par des couches sédimentaires très récentes.

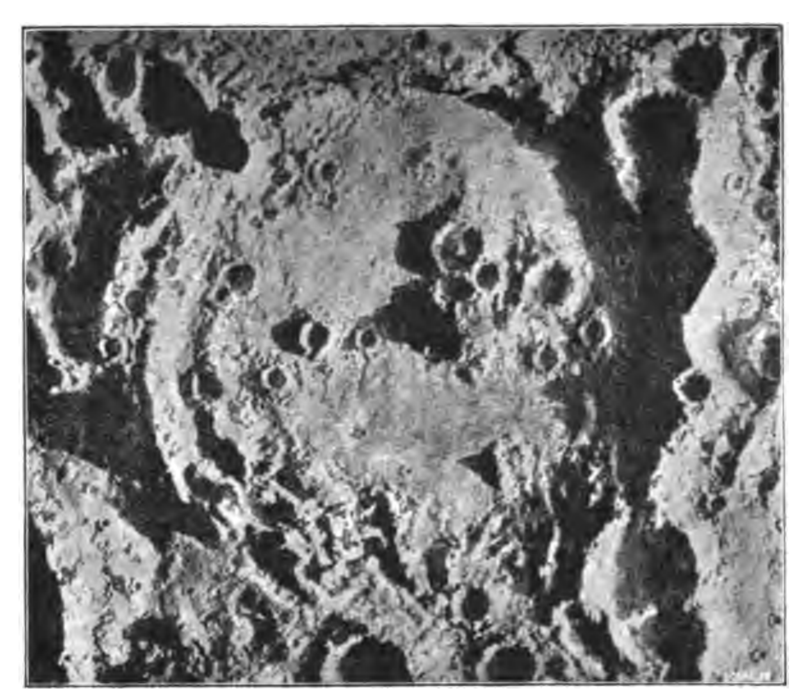


FIG. 44. — Le cirque lunaire Walter (diamètre = 200 kil. environ).

Cette formation possède en son centre, au lieu d'un cône unique, tout un groupe de montagnes à caldera de divers types, dont l'ensemble marque probablement la deuxième période éruptive de longue durée du grand foyer sous-jacent.

39. En se basant sur le mode d'activité de quelques volcans terrestres, on pourrait concevoir des cratères monogènes de grandes dimensions, résultats d'une longue série d'éruptions. Mais on ne les rencontre pas sur la Lune, et probablement n'existent-ils pas sur la Terre. Ce que nous appelons ici des volcans en activité ne sont que des foyers périphériques en voie d'extinction graduelle, se prolongeant d'une façon exceptionnelle par suite d'une disposition spéciale du chenal d'éruption.

40. Il est possible que même sur la Lune il y ait encore des foyers périphériques non complètement épuisés et pouvant donner lieu à de petites éruptions, mais il n'y a pas lieu de mettre en doute l'extinction totale de son foyer central.

41. On s'exposerait à l'insuccès si l'on voulait chercher à déduire des formes actuelles de la surface de la croûte terrestre, épaisse de plusieurs kilomètres et formée au cours d'une longue durée de siècles, l'évolution des processus dynamiques

qui ont accompagné la solidification de cette croûte planétaire et la constitution de sa cuirasse, même si on invoquait la comparaison de l'évolution lunaire.

42. En présence des immenses édifices que l'on constate à la surface de notre satellite, nous devons renoncer à l'idée de vouloir chercher la cause de la formation des édifices volcaniques récents relativement si peu importants, dans la production de fentes qui traverseraient toute l'épaisseur de la croûte solide, ou à la pénétration des eaux marines dans les profondeurs du foyer central, de même que nous ne pouvons attribuer la production des montagnes sédimentaires au ridement de l'ensemble de cette croûte si épaisse.

43. Le refroidissement du globe terrestre a été beaucoup plus lent que celui de la Lune, puisque le volume du premier est beaucoup plus considérable; il en résulte que sa cuirasse est plus épaisse. Mais il ne s'ensuit pas que les caldera terrestres doivent être les plus étendues, car l'activité éruptive qui paraît se localiser dans un grand nombre de foyers périphériques limités, se manifeste sur les astres volumineux par un nombre relativement beaucoup plus considérable de ces mêmes foyers éruptifs, et les édifices volcaniques de ces derniers ne doivent donc pas nécessairement présenter des dimensions plus considérables que ceux des astres moins volumineux.

44. La face actuelle de la Lune doit présenter une grande ressemblance avec celle que présentait autrefois la Terre après la période catastrophique, et avant que l'action de l'atmosphère et des agents fluvio-marins l'eût profondément transformée.

45. Les produits de l'action volcanique sur la Terre et sur la Lune se complètent à tel point qu'on ne peut entreprendre l'étude du volcanisme sans tenir compte de son effet sur chacun des deux astres.

Nous pouvons résumer ce qui précède par les conclusions suivantes : *a*) tous les cratères volcaniques présentent, à très peu d'exceptions près, le caractère monogène; *b*) parmi les formes éruptives actuelles, la forme caldera est prédominante; *c*) le type Somma-Vésuve se reproduit toujours; *d*) les centres éruptifs présentent le plus souvent deux phases d'activité; *e*) une durée de repos extrêmement longue suit la première phase, et l'on peut constater dans presque tous ces centres son antériorité à la deuxième phase; *f*) celle-ci se distingue de la première par la diminution de la quantité de matières éruptives et par leur fluidité beaucoup moins prononcée; *g*) l'épuisement des centres d'éruption se montre partout de façon manifeste.

Grâce à l'étude de la surface volcanique de la Lune, nous sommes amenés à conclure à la nécessité d'une cuirasse solidifiée pour la Terre et à considérer comme normale la formation monogène des centres éruptifs, tandis qu'il faut admettre comme exceptionnelle la formation polygène, c'est-à-dire celle qui est le produit d'une activité se manifestant par intervalles avec de nombreuses pauses de durée relativement courte (pouvant toutefois dépasser l'espace de plusieurs siècles), et résultant de dispositions spéciales des couches externes. La conception géologique du volcanisme actuel doit reposer sur la théorie de foyers périphériques

nettement limités dans le temps et dans l'espace, dont l'activité se traduit par une éruption unique divisée en deux phases.

C'est donc la ceinture caldera et non le cône qui caractérise le phénomène éruptif aussi bien sur la Terre que sur la Lune. D'un autre côté, le cratère n'est pas une forme essentielle pour la formation de la montagne monogène, elle ne fait qu'indiquer exceptionnellement le retrait d'une partie plus ou moins grande de matière éruptive vers l'intérieur, le long du chenal par lequel elle avait monté.

Il faut donc considérer comme le but principal des recherches vulcanologiques, la recherche dans les manifestations de l'activité éruptive, des modifications qui la différencient du processus normal, et des rapports entre l'édifice monogène de la première phase d'activité et les dimensions ainsi que la masse des produits plus récents du foyer éruptif.

Ce serait un réel danger pour le progrès des études vulcanologiques, que de vouloir continuer à guider les recherches dans le sens de la thèse que l'activité volcanique tend à maintenir une communication soit permanente soit intermittente entre le foyer intérieur du globe et sa surface. Nous ne pourrions nous joindre à ceux qui considèrent les volcans comme des soupapes de sûreté, que si l'observation méthodique venait à démontrer qu'il n'y a pas moyen de les considérer autrement.

Si donc nous nous voyons forcés d'admettre la formation monogène des volcans terrestres aux dépens de foyers limités, nous devrons chercher à nous représenter la formation de ces foyers, sans cependant renoncer à l'idée de l'état primitif de fusion ignée du globe.

Nous avons déjà, dans des publications antérieures, exposé nos vues à ce sujet [1], de sorte que nous n'insistons pas ici sur la question.

Au point de départ de nos recherches nous nous sommes demandé si les centres d'éruption terrestres qui produisent les volcans ont toujours suivi la même évolution.

La réponse ne peut être affirmative que si les conditions de manifestation des forces éruptives sont toujours restées les mêmes. Il y eut une période pendant laquelle se produisaient à la surface de la Terre, durant un stade unique, des formations beaucoup plus gigantesques que celles de l'époque récente, et cela dans des régions où jusque-là l'activité volcanique ne s'était jamais manifestée, tandis qu'aujourd'hui celle-ci agit le plus souvent sur un sous-sol de matières éruptives plus anciennes. Cette période récente, qui nous paraît s'étendre depuis le Crétacé jusqu'au Quaternaire, a produit toutes les couches volcaniques récentes, dont les centres d'éruption sont couronnés partiellement par des montagnes formées de roches éruptives.

Nous avons essayé de résumer les considérations qui précèdent, dans le schéma suivant.

---

[1] *Die Vulkanberge von Ecuador.* Berlin, 1897. — *Ein Wort über den Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart.* Leipzig, 1901. — *Ueber die Verbreitung der hauptsächlichen Eruptionscentren und die sie kennzeichnenden Vulkanberge in Sud-Amerika.* (PETERMAN'S MITTEILUNGEN, 1902, Heft I.)

Classification des volcans d'après le point de vue génétique morphologique.

A. *Volcans dont le foyer s'est épuisé par une seule période éruptive.*

1. Cônes simples.
2. Cônes composés, sous forme de cône, dos ou dôme.
3. Montagnes-caldera (cirque ou ceinture).

Les montagnes des groupes 1 et 2 ne présentent pas de cratère et constituent des formes de transition, de sorte qu'il est parfois difficile de les délimiter nettement.

B. *Volcans produits par deux ou plusieurs périodes d'éruption, séparées par un intervalle considérable.*

1. Cônes simples.
2. Cônes composés : cône, dôme ou dos.
3. Caldera :

a) La deuxième période éruptive se produit le long d'un même chenal, l'édifice nouveau surmonte l'ancien ;

b) Il se produit un deuxième chenal, et les deux édifices se trouvent juxtaposés.

La deuxième période d'éruption peut se dédoubler :

a) Le chenal correspondant peut permettre trois, quatre ou plusieurs éruptions avant que le foyer soit épuisé, ce qui peut durer plusieurs milliers d'années ;

b) Le chenal permet une communication presque ininterrompue avec le foyer, c'est alors que nous avons réellement affaire à un « volcan actif », cône, dôme ou caldera.

Sur la planche jointe à cette étude se trouvent reproduits quelques types principaux, démontrant la genèse monogène, et aussi quelques types composés. Nous avons illustré notre manière de voir par quelques esquisses qui figurent aussi sur la planche.

On distinguera donc deux groupes de figures :

I. Les coupes et les dessins au moyen desquels on représentait jusqu'ici les formations volcaniques comme émanant d'un foyer central pour ainsi dire inépuisable.

II. Représentation du mode d'activité d'un foyer périphérique limité, d'après l'ensemble des observations réunies par nous.

Le premier groupe montre les cônes et caldera qui se seraient produits par l'accumulation des matières éruptives en rapport avec la théorie de l'explosion suivie de l'écroulement, qui, il n'est pas besoin de le dire, ne parvient pas à expliquer les grandes montagnes sans cratère, ni les dômes aplatis, ni les dômes allongés en forme de dos.

Le deuxième groupe (séries I-XV) comprend les formes les plus diverses, mais les figures ne représentent que deux types principaux :

1. Le dôme et son passage au cône;
2. La montagne-caldera avec plusieurs de ses modifications.

On a distingué en outre, entre les périodes actives, uniques, doubles, ou multiples. La période de repos qui les sépare, et surtout la pause de longue durée après la première période d'activité nous semblent le mieux caractériser la nature du volcanisme et le siège de son énergie mystérieuse. Ces périodes de repos se découvrent dans la formation de la plupart des volcans d'Europe, de l'Amérique du Sud et de l'Atlantique. On comprend qu'elles doivent se produire inévitablement. Le chenal se bouche vers la fin de la première phase par l'affaissement d'un bouchon de roches durcies pendant l'affaissement de la caldera. La résistance à vaincre par la deuxième phase d'activité est presque aussi grande que pour la première. Le magma demande un très long espace de temps pour recouvrer la force d'expansion qu'il avait perdue par la première phase, et faire éruption soit par le chenal ancien, soit par une voie nouvelle.

Parmi les formations volcaniques où l'on peut démontrer qu'une première formation a été séparée d'une deuxième plus faible, par un espace de temps considérable, on peut citer : le Vésuve, Santorin, l'Etna, Stromboli, Vulcano, Rocca Monfina, Vultur, Pasto, Puracé, les Cañada, le Teyde, les îles Fogo, Sao Vicente, Madeira, etc.; et si l'on veut admettre un intervalle de repos moins bien accusé, on trouve dans l'Ecuador une douzaine d'exemples, tels Carihuairazo, Puñalica, Imbabura, le groupe Cuvilche, les monts Yaruquies, le groupe Tanlagua, le Pululagua, Pondoña, Mojanda avec Golongal, Iliniza avec Tisisichu, le Cusin-Urcu avec le Muy-Urcu, le Corazon avec La Moya, l'Atacatzo avec la Viudita, la cordillère de Pansache et de Langoa avec le Putzulagua, le Cotacachi avec la « Maar » de Cuicocha, le Guamani, Chacana et Antisana, dont les courants de lave relativement récents occupent des vallées d'érosion très anciennes. Tous ces exemples nous montrent qu'ils ne sont pas dus à une activité inépuisable et persistante, et que partout après la première période d'activité il ne s'est produit qu'un faible retour de peu de durée.

Celle-ci ne peut se déterminer que d'une façon relative, mais elle a suffi pour permettre le creusement de vallées d'érosion dont la profondeur sous le niveau des roches dures peut atteindre plusieurs centaines de mètres. Les vingt siècles écoulés depuis le réveil du foyer du Vésuve témoignent d'un approfondissement à peine

sensible de ces vallées, de sorte que pour la formation des vallées de la Somma il faudrait des millions d'années, et ceux-ci représentent l'intervalle qui fut nécessaire pour l'accumulation de l'énergie pour une deuxième période d'éruption. C'est là que gît pour nous le principal intérêt des constatations fournies par le Vésuve, puisqu'elles nous permettent de fixer de façon précise la durée de cet intervalle qui débute à la fin du Tertiaire et se termine en l'année 79 de notre ère.

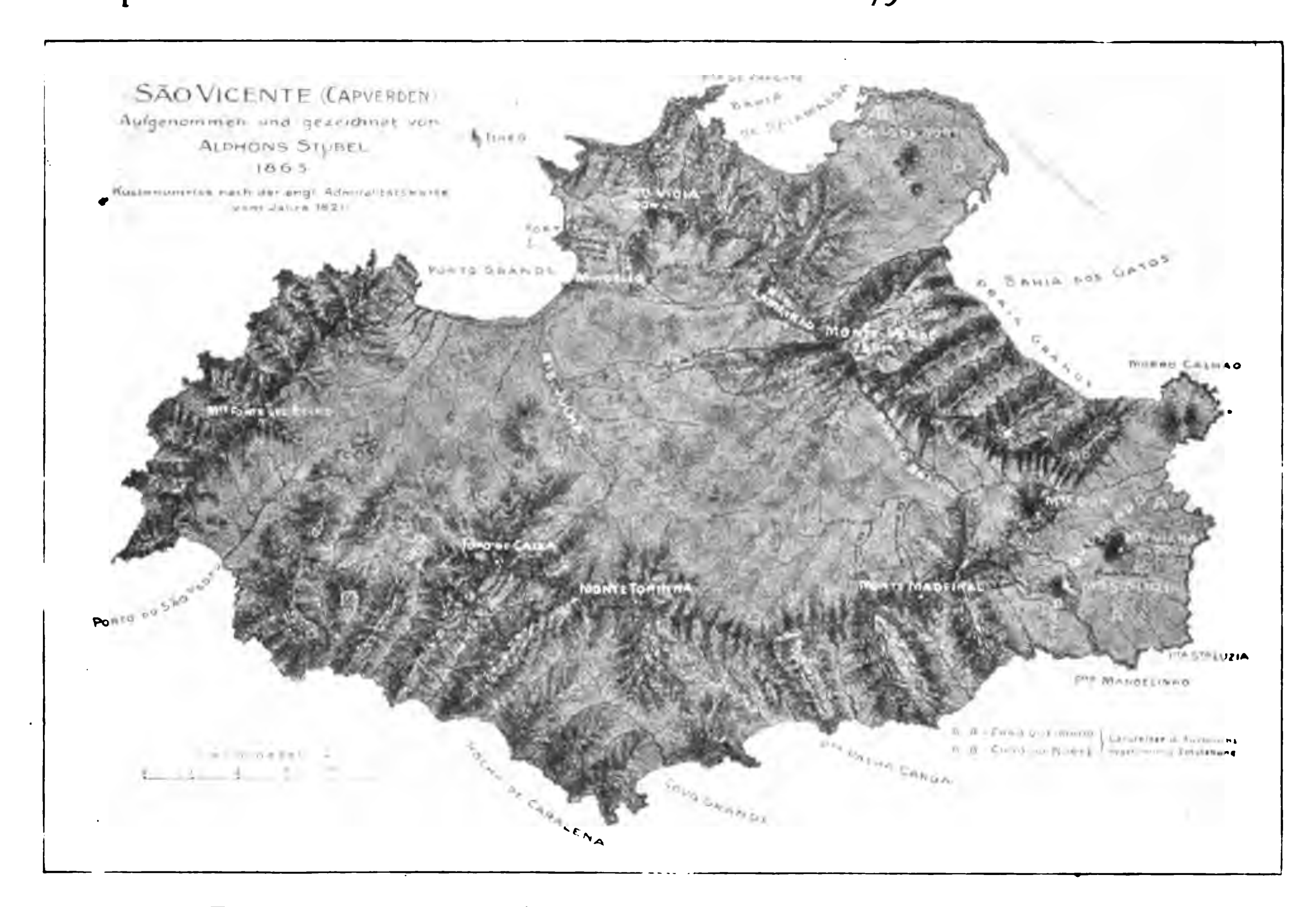


Fig. 45. — Carte de l'île São Vicente (Cap-Vert) dressée par l'auteur en 1863.

Santorin nous fournit également une détermination précise de la durée de sa phase de repos; l'éruption de l'ancienne Thera eut lieu en 198 avant Jésus-Christ. Il est probable que la Somma du Vésuve et celle de Santorin datent de la même époque; donc ici encore nous pouvons reconnaître combien est long l'intervalle nécessaire pour la reconstitution de la tension éruptive après la première phase d'activité.

Nous pouvons du reste, à défaut de dates historiques, reconnaître cette durée par les modifications survenues à l'édifice volcanique. A côté de l'exemple du Vésuve, nous citerons encore celui de l'île Sâo Vicente des îles du Cap-Vert (fig. 45).

De l'édifice monogène facilement reconnaissable, on ne retrouve plus aujourd'hui que des ruines, mais l'œil du géologue peut cependant encore reconnaître l'ancien état de choses. Nous trouvons ici une caldera de forme triangulaire, sans cône d'éruption central; le diamètre maximum mesure 24 kilomètres, la largeur est de 15 kilomètres, le fond de la caldera occupe la plus grande partie de l'île, de sorte que la ceinture surélevée n'occupe qu'un espace relativement étroit. Elle atteint une hauteur maxima de 750 mètres, et au lieu d'une brèche unique, comme c'est souvent le cas, elle en présente trois. Il n'y a pas lieu de les attribuer au progrès de l'érosion, elles datent de l'époque de la formation de l'île. La plus grande d'entre elles formant le havre Porto Grande, s'ouvre au nord-ouest par un chenal de 3 kilomètres de largeur et représente un cratère d'affaissement, mais non un centre d'éruption; c'est par le conduit auquel le cratère correspond que le magma encore en fusion est redescendu vers la profondeur. Les ouvertures

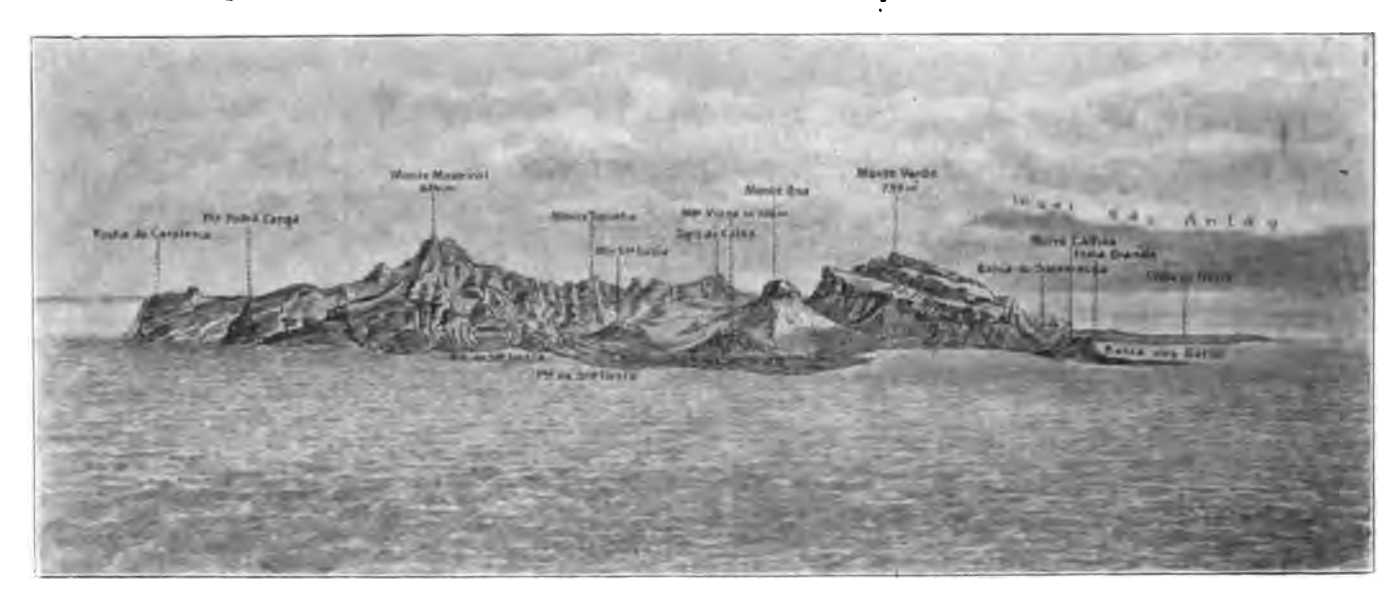


Fig. 46. — L'île de São Vicente (Cap-Vert) vue de l'est.

Point de vue, Monte Agoa, sur l'île Santa-Luzia, à environ 250 mètres d'altitude, et à une distance de 30 kilomètres.

de l'est et du sud présentent beaucoup moins d'importance. La forme triangulaire de l'île s'explique par le fait que la caldera s'est produite pendant la première phase de l'éruption, alors que la tension éruptive atteignait son maximum, tandis que la forme régulière du cône de la deuxième phase indique une activité plus réduite. La nature monogène de l'édifice volcanique de São Vicente se démontre encore par l'analogie de structure de ses différentes parties. La ceinture qui entoure la caldera est formée par des coulées de lave superposées, très légèrement inclinées vers la mer. On constate en outre des agglomérats, des tufs, des filons entrecroisés, qui paraissent d'un âge plus récent que celui des laves.

L'aspect ruiniforme des masses volcaniques se constate dès que l'île paraît en vue. Outre les trois grandes incisions qui interrompent la continuité de la Somma de São Vicente, on constate que celle-ci ne présente plus une ceinture régulière, on y reconnaît à première vue une série d'éminences isolées, disposées en couronne autour de la caldera, dont le versant raide regarde vers l'intérieur (fig. 46).

Ce qui frappe surtout, c'est la largeur et la profondeur des vallées qui séparent les montagnes volcaniques, celles-ci se terminant par des surfaces plates, descendant par des pentes très raides aussi bien du côté de la mer que vers la caldera. Le Monte Verde, haut de 750 mètres, est seul couvert de végétation, grâce à sa hauteur qui atteint la couche de nuages passant au-dessus de l'île. Une ceinture de récifs formée par l'attaque des vagues entoure celle-ci, ce qui pourrait faire croire que la base de l'édifice volcanique monogène se rencontre au niveau de la mer, alors qu'elle est située beaucoup plus bas. Et c'est là un fait qu'il ne faut pas perdre de vue pour bien se rendre compte d'un édifice volcanique, aussi bien ici que pour ceux de Madère et des Canaries.

On peut se représenter une époque plus ancienne dans l'édification de l'île, pendant laquelle les montagnes tabulaires se rejoignaient pour former une ceinture complète, et ce n'est que plus tard que l'action de l'érosion atmosphérique a désagrégé cette dernière. On peut à peine se représenter les millions d'années nécessaires pour amener ce résultat, surtout si l'on se rappelle que l'île est située dans une zone sèche, où l'érosion doit dès lors se faire très lentement.

Au-dessus de l'édifice ancien de l'île se voient des manifestations récentes de l'activité volcanique, mais celle-ci, comme toujours, ne s'est manifestée qu'après le stade de repos du foyer éruptif. Aussi bien au nord qu'à l'est de l'île nous rencontrons de grands champs de lave sur lesquels se dressent les cônes d'éruption. Ceux-ci sont si bien conservés qu'on croirait qu'ils n'existent que depuis quelque dix ans; mais la date de leur apparition est inconnue.

De ce que sur l'île de São Vicente la deuxième période d'éruption n'a pas abouti à la formation d'un cône au centre de la caldera, et qu'elle s'est plutôt manifestée sur le versant extérieur de la Somma, il n'y a pas lieu de douter de la nature monogène du processus. On rencontre en effet dans l'Atlantique des cas analogues; à Madère et à Ténériffe, on constate des éruptions de lave qui se sont manifestées alors que l'édifice monogène était déjà creusé par des vallées d'érosion ayant atteint leur niveau actuel, et cependant on n'y reconnaît pas de laves datant d'une époque plus ancienne ou plus récente.

La thèse d'une longue période de repos après une première crise d'activité n'est donc pas risquée; de nombreuses observations viennent la confirmer, et nous montrer que l'épuisement relativement rapide de l'activité du foyer fait supposer qu'il n'occupe qu'un espace limité.

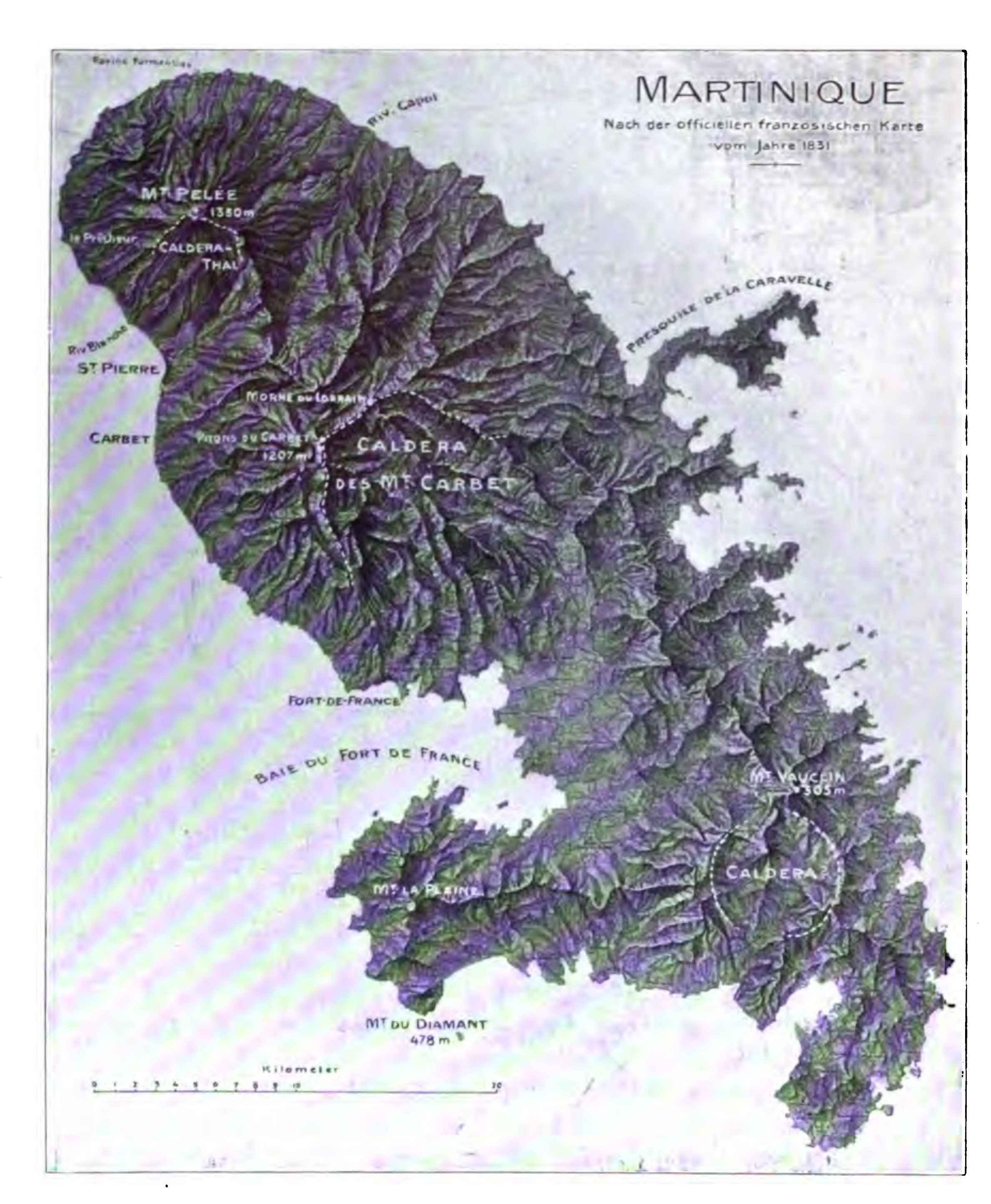


Fig. 47. — Carte de la Martinique. Réduction de la carte officielle française de 1831.

Martinique et Saint-Vincent.

Nous avons voulu confirmer nos déductions théoriques par l'étude au siège même des foyers des forces éruptives, et c'est ainsi que nous nous sommes rendus aux Indes occidentales, siège des manifestations volcaniques les plus récentes, aux volcans de l'Europe, dans les Andes, et que nous avons visité au retour la côte occidentale de l'Afrique. Nous avons en outre compris dans notre examen l'étude des cratères gigantesques de la Lune.

Nous avons pu constater de cette manière qu'il y a des volcans qui sont les produits d'une éruption unique, mais que la plupart indiquent une éruption double, que d'autres ont atteint leurs dimensions actuelles par trois ou quatre éruptions, et que d'autres enfin, à la suite d'une série d'éruptions faibles, ont vu leur édifice d'abord relativement restreint, acquérir une certaine augmentation de volume. Quoique c'est à ces derniers que l'on ait accordé le plus d'attention, nous ne leur reconnaissons qu'une signification peu importante. Nous ne nous sommes pas spécialement intéressés aux masses si considérables évacuées par les foyers souterrains, et nous n'avons étudié leur volume, leurs formes, leur tectonique et leur composition chimique que pour pouvoir en déduire les processus d'évolution des forces volcaniques. Nous avons été amenés à distinguer les foyers d'après le nombre d'éruptions qu'ils ont présentés, et nous avons pu constater que la permanence de leur activité n'est qu'apparente, mais que celle-ci peut, il est vrai, se prolonger dans certains cas jusqu'à la deuxième, la troisième ou la quatrième période. De là provient que certaines formes et combinaisons de montagnes se représentent fréquemment, ce sont surtout les dômes et les caldera, tandis que les éminences coniques raides caractérisent l'extinction lente du foyer éruptif, et c'est à cela qu'est due la prédominance du type Somma-Vésuve.

A quel type de foyer se rattachent les formations volcaniques de La Martinique et de Saint-Vincent? Négligeons les phénomènes qui ont accompagné le réveil soudain du Mont Pelé et de la Soufrière. La partie de l'île qui n'a pas participé à cette catastrophe récente va nous donner l'explication des rapports entre cette dernière et les éruptions plus anciennes. Combien de centres d'éruption peut-on retrouver sur chacune des îles ? Où sont-elles situées ? Quel volume et quelle forme présente l'édifice qui entoure chacun de ces centres ? Nous devons en outre chercher à déterminer si les différents édifices appartiennent à des périodes d'éruption distinctes, s'il y a eu des périodes d'érosion qui séparent la formation des cônes éruptifs de celle des coulées de lave. Ce sont ces questions qui jusqu'ici ont été le moins étudiées à La Martinique et à Saint-Vincent. Nous ne pouvons, de notre côté, les résoudre au moyen de nos observations personnelles, mais nous essayerons de

baser nos considérations sur la cartographie des îles et sur les travaux que l'on a publiés jusqu'ici.

La Martinique (fig. 47) (¹) paraît se constituer par une série d'édifices volcaniques très rapprochés, mais conservant chacun leur individualité. On peut reconnaître pour chacun d'eux un foyer spécial d'éruption malgré les progrès de l'érosion qui ont transformé les éminences coniques en une série de hauteurs disposées radialement, et diminuant de hauteur à mesure qu'elles s'éloignent du centre vers la mer.

L'île est longue de 63 kilomètres et se divise en deux parties, la plus grande au Nord; à leur rencontre elle devient étroite et basse; c'est à cette disposition que la ville Fort-de-France doit son port spacieux. La partie septentrionale, à son tour, comprend deux massifs de montagnes nettement séparés, le Mont Carbet et le Mont Pelé, séparés vers l'Est par la rivière Capot, et à l'Ouest par la rivière Roxelane, à l'embouchure de laquelle est située Saint-Pierre.

Le massif montagneux dont le sommet est occupé par les Pitons du Carbet, constitue l'élément topographique le plus important de toute la Martinique; il mesure 23 kilomètres de diamètre et 1 207 mètres de hauteur. D'après son aspect extérieur et la disposition des couches rocheuses qui le composent, il semble que nous ayons affaire ici aux restes d'un cône aplati, dans le flanc Sud duquel on trouve une caldera ouverte au Sud et large de 8 kilomètres de diamètre. Les Pitons du Carbet, le Morne du Lorrain et d'autres éminences rocheuses paraissent appartenir à la ceinture. Le massif du Carbet constituerait donc une espèce de Somma, produit d'une seule éruption. Le diamètre est le double de celui de la Somma du Vésuve, alors que la hauteur est à peu près la même de part et d'autre. Cependant il se pourrait que la ceinture du Carbet reposât sur un édifice volcanique sous-marin, ce qui n'est peut-être pas le cas pour le Vésuve. L'ouverture de la caldera s'ouvre vers la mer et est parcourue par une série de vallées parallèles, ce qui tend à faire admettre que le fond de cette région affaissée est formé par des matières éruptives, dont la disposition et la composition diffèrent de celles du reste du massif; ce sont probablement des courants de lave parallèles entre eux provenant de la caldera, ou peut-être rencontre-t-on ici des masses de tuf et d'agglomérat, l'observation sur place pouvant seule nous fixer à ce sujet.

Un coup d'œil jeté sur la carte suffit pour convaincre l'observateur compétent de la nature monogène du grand massif du Carbet; on ne pourrait donc admettre qu'il soit le produit d'un cône d'éruption ancien qui aurait atteint la hauteur de 5 000 à 6 000 mètres à la suite d'éruptions répétées, et qui se serait trouvé là ou existe aujourd'hui la caldera. Nous rappellerons ici les arguments que nous avons émis au sujet des caldera de Ruminahui, Altar et Pichupichu.

(¹) *Carte générale de la Martinique* par MM. Monnier et Le Bourguignon-Duperré. Publiée par ordre du Roi, 1831.

Il faut donc ranger le massif du Carbet avec sa caldera encore intacte parmi les édifices volcaniques dont le foyer n'a pu produire une deuxième éruption; tout au moins celle-ci n'est pas indiquée par un cône d'éruption central; il est vrai que l'activité peut s'être déplacée en dehors de la caldera, et dans ce cas il est probable que les masses éruptives de la deuxième période ont contribué à la formation de la presqu'île de la Caravelle.

Comme toutes les caldera, celle du massif du Carbet constitue un réservoir où viennent s'accumuler les pluies, qui ont contribué à l'élargir en y creusant de profondes vallées aboutissant à la rivière du Lézard; celle-ci atteint la mer à 8 kilomètres du Fort-de-France, où elle forme un delta considérable. Mais outre la rivière le Lézard, six ou huit autres ruisseaux parallèles drainent la large vallée, dont les trois plus importants, appelés Laurentin, Monsieur, et Madame, baignent la ville de Fort-de-France, qui se trouve donc située au bas de la large vallée qui termine la caldera. De sorte que dans le cas d'une nouvelle éruption, cette ville pourrait se trouver aussi menacée que Saint-Pierre, parce qu'elle se trouve comme celle-ci sous le vent alizé du Nord-Est, prédominant dans les parages des Antilles. Mais plusieurs arguments se présentent pour dissiper la crainte d'une pareille catastrophe.

Le massif du Carbet est le plus ancien parmi les édifices qui se sont dressés sur le foyer de la Martinique, tandis que le Mont Pelé provient d'une phase d'activité nouvelle. On sait que parmi les volcans appartenant à un même groupe, celui qui se trouve en activité fournit un certain degré de probabilité pour le repos des autres. En outre si la formation de la Caravelle correspond à la formation d'une caldera qui fait ici défaut, on peut admettre que si depuis les temps historiques une éruption à l'intérieur de la caldera s'est réellement produite, les conditions n'existent plus dans l'île pour donner lieu à une nouvelle éruption, puisque le foyer de la Martinique est nécessairement limité.

Le Mont Pelé, qui occupe la partie septentrionale de l'île, constitue également un édifice monogène. Son diamètre mesure 14 kilomètres et sa hauteur est de 1350 mètres, dépassant donc le Carbet de 143 mètres. Le Mont Pelé est le type du volcan conique (fig. 48). Cette forme surprend d'autant plus que nous savons

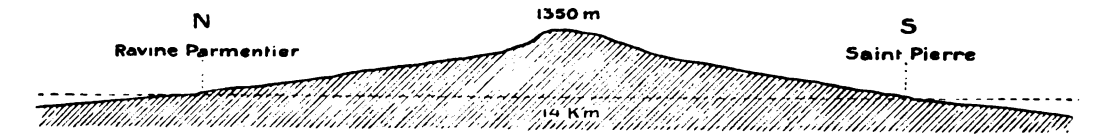


FIG. 48. — Coupe schématique du Mont Pelé. La ligne pointillée indique le niveau de la mer.

qu'un cône aplati ne peut être le produit de l'accumulation des produits d'une série de petites éruptions, et cependant la structure du Mont Pelé apparaît nettement stratifiée. Il faut croire que nous avons affaire ici à une éruption unique très intense, dans laquelle les produits d'éruption ont atteint une température très

élevée et ont présenté une très grande fluidité, de sorte que les agglomérats et les cendres volcaniques ont pu se déplacer plus rapidement. Le cône surbaissé du Mont Pelé est formé par des crêtes de montagnes disposées radialement, ce qui permet d'admettre des éruptions par des ouvertures accessoires. Des vallées profondes séparent les crêtes; elles se sont formées au moment du soulèvement, et l'érosion consécutive n'a pu que contribuer à leur élargissement. C'est surtout le versant Sud-Ouest qui a attiré notre attention. C'est ici que se trouve la rivière Blanche, qui a joué un si grand rôle lors de la dernière éruption; on y constatait du reste, avant la catastrophe, l'activité de quelques fumerolles vers sa partie supérieure. Nous reconnaissons sans peine dans cette dépression la vallée de caldera, et c'est au point où avaient apparu les fumerolles que l'éruption de 1902 a débuté.

Comme nous avons admis que l'accumulation tant au-dessus qu'au-dessous du niveau de la mer du massif montagneux du Mont Pelé est le produit d'une période éruptive unique d'un foyer limité, nous avons à nous demander si une première période dans les temps préhistoriques a pu précéder celle qui s'est produite de nos jours. Cela ne fait aucun doute, puisque le Mont Pelé présentait auparavant la même hauteur. Mais le début de la période d'activité actuelle remonte à une époque très éloignée. On renseigne deux éruptions antérieures : celle de 1792, qui reste douteuse, et celle de 1851; mais ni l'une ni l'autre ne peut avoir beaucoup contribué à augmenter les dimensions du massif éruptif, pas plus que l'éruption récente, malgré la quantité énorme de matériaux qui a été projetée par le cratère.

La partie méridionale de l'île est formée par des élévations beaucoup moins accusées, dont la plus haute, la Montagne du Vauclin, atteint 505 mètres. Mais cela ne veut pas dire que ces édifices volcaniques n'atteignent pas des dimensions tout aussi considérables que ceux du Nord, car ils peuvent s'étendre beaucoup plus sous le niveau de la mer. La carte française ne nous permet pas de nous prononcer nettement sur la conformation génétique de cette partie de l'île; nous croyons toutefois qu'ici encore se rencontre une caldera dont le Vauclin forme un des sommets. La conformation de la côte orientale, qui présente une série de fjords, nous fait croire à l'existence d'un massif montagneux très découpé à une faible profondeur. Enfin la partie occidentale du Sud de l'île est probablement le résultat d'une série d'éruptions plus faibles.

L'île Martinique est donc constituée par la réunion de quatre à six édifices volcaniques, sans parler des formations moins importantes. On doit se demander si tous ces édifices se rattachent à une même période d'éruption, ou s'ils se sont succédé, provenant chaque fois d'un nouveau centre d'éruption. La végétation tropicale qui recouvre l'île rendra la solution de la question très difficile, et celle-ci a pu être rarement fournie pour les îles de l'océan Atlantique. On peut admettre que le foyer qui gît sous la Martinique n'a pu soulever celle-ci au-dessus de la mer que par le concours de plusieurs centres d'éruption suffisamment distants les uns des autres.

On s'est jusqu'ici habitué à attribuer les roches éruptives, d'après leur composition, à des périodes distinctes, et c'est sur cette considération qu'on a basé les conclusions morphologiques ou tectoniques. Nous voudrions procéder d'une façon inverse, et déduire de la forme et de la constitution de l'édifice volcanique actuellement encore visible, ce qui morphologiquement doit être considéré comme le produit d'une même période éruptive, et ensuite déterminer les rapports entre les variations pétrographiques et l'individualité de l'édifice au point de vue de sa genèse. On se refuse encore toujours à admettre qu'un foyer unique peut pendant une seule de ses périodes éruptives donner naissance à des roches qui diffèrent entre elles tant au point de vue pétrographique que chimique. Mais puisque nous savons qu'un même foyer peut produire des roches distinctes en deux périodes consécutives, pourquoi ne pas admettre que cette même différence peut se constater pour une seule période ?

Pour revenir à l'éruption récente du Mont Pelé, il nous reste à signaler qu'on n'y a observé aucun phénomène qui ne fût déjà connu. On n'a observé de coulées de lave ni dans le cratère, ni sur le versant de la montagne. L'éruption ardente qui a suivi la vallée de la Rivière Blanche, n'était qu'un courant de boue volcanique, pour la formation duquel on se voit forcé d'admettre la pénétration de l'eau de la mer dans le foyer volcanique. Il se peut aussi que la quantité d'eau contenue dans le lac des Palmistes, ancien cratère comblé, fut suffisante pour produire cet effet. L'avalanche ardente semble avoir pris naissance au cratère du sommet, l'Etang sec, là où auparavant on voyait surgir les fumerolles. Le chemin jusqu'à la mer est long de 6 kilomètres, la largeur près de la côte a été estimée à 150 mètres, et l'épaisseur atteignait 10 mètres. Mais comme ces dimensions n'étaient pas les mêmes sur tout le parcours, il faut se garder d'exagérer le volume de l'ensemble. On a prétendu que la masse a parcouru son chemin en trois minutes, ce qui paraît sans aucun doute être une exagération, reposant sur une observation incomplète.

Ces coulées de boue sont fréquentes au début des éruptions ; ce fut le cas pour le Vésuve en 79 ; Herculanum, situé plus près du centre d'éruption que Pompéi, ne pouvait être atteint par les cendres transportées par le vent, mais n'a pas pu échapper au courant de boue.

Il faut du reste distinguer deux espèces de courants de boue : ceux qui apparaissent au début de l'éruption, et ceux qui ne viennent qu'après l'émission de lapilli et de cendres volcaniques, d'après le moment où intervient, au début, l'eau du cratère ancien, ou bien plus tard, celle des pluies et des inondations des rivières barrées par les pluies des cendres. On a observé les deux espèces à la Martinique et à Saint-Vincent.

Les courants de boue les plus redoutables sont ceux qui proviennent de la fusion soudaine des neiges et des glaces qui couvrent les cimes des volcans élevés ; c'est à ceux-ci qu'il faut attribuer les catastrophes qui ont accompagné les éruptions du Cotopaxi dans l'Écuador.

Enfin, une quatrième espèce d'avalanches boueuses, commune à toutes les

pentes raides couvertes de formations meubles, est provoquée surtout par les tremblements de terre. Ceux-ci peuvent bloquer des rivières, ou boucher des canaux souterrains, de sorte que l'on a vu les eaux boueuses apparaître par des ouvertures inconnues auparavant : ce fut le cas, en 1868, au grand tremblement de terre qui secoua les volcans Imbabura et Cotocachi.

Outre le courant de boue analogue à celui qui le 5 mai envahit la Rivière Blanche, il y en a un second qui au matin du 8 mai, un peu avant la grande éruption, détruisit la ville de Saint-Pierre. Cette éruption produisit deux courants, dont l'un coula à l'Est vers la Basse Pointe, et l'autre au Nord à travers la Rivière Blanche. Ce fut celui-ci qui atteignit la ville vers 4 heures du matin, donc quatre heures avant l'explosion formidable du cratère du Mont Pelé. Des courants boueux analogues, ne prenant pas leur origine dans le cratère, ont été observés en plusieurs points du volcan, le Prêcheur, la Marne, Macouba, Capoti, Basse Pointe. Parmi les blocs transportés par cette avalanche, citons celui que M. Hovey a constaté dans la Rivière Blanche, non loin de la côte. Il mesurait 7 mètres de hauteur' 7 mètres de largeur et 9 mètres de longueur, et était formé par de la lave andésitique de couleur grise.

Il n'est pas probable que du magma en fusion ait fait défaut dans l'éruption du mois de mai ; celui-ci s'est probablement frayé un chemin du côté de la mer, comme cela s'est produit à Hawaï, à la Réunion et à Santorin. C'est à cette circonstance qu'il faut attribuer la destruction du câble télégraphique sous-marin, qui a précédé l'éruption, puisque le steamer *Pouyer-Quertier* était chargé dès le 7 mai de rechercher et de lever le câble détruit. Ces éruptions latérales, alors que le cratère ne donne pas issue à de la lave, ont été observées souvent pour le Vésuve et l'Etna, et ce phénomène a précédé de plusieurs jours l'explosion de Santorin en 1866.

D'autres courants de laves sous-marines s'accompagnent d'oscillations brusques du niveau de la mer ; ce fut le cas au matin du 8 mai, lors de l'explosion du cratère. Le commandant du *Roddams* décrit l'état d'agitation extrême de la mer, et celle-ci s'est reproduite, d'après M. Lacroix, à chacune des explosions qui suivirent, de sorte qu'il faudrait plutôt considérer l'explosion du cratère comme un phénomène secondaire des éruptions sous-marines.

Un autre phénomène concomitant se traduit par l'apparition de courants marins à température élevée, comme on les a observés sur la côte du Carbet. Mais il ne faut pas rattacher à ceux-ci l'état d'ébullition de la mer que l'on a cru avoir observé le matin du 8 mai. Ce phénomène était dû plutôt à la chute des cendres et lapilli ardents, mais ne constituait pas une véritable ébullition.

Outre l'émission des avalanches de boue, l'activité du cratère du Mont Pelé s'est manifestée aussi par de terribles détonations, accompagnées de nuées ardentes projetant des blocs, des lapilli, des cendres incandescentes. Ce phénomène, qui fut le plus redoutable de tous, se reproduisit le 20 mai, le 6 juin, le 9 juillet, fin août et le 3 septembre. On put tenter l'ascension de la montagne dès le 16 mai. Le

général Clerc et Mgr Chancel, partis de Basse Pointe, atteignirent sans difficulté jusqu'à une hauteur de 1,233 mètres; le cratère avait alors une largeur de 300 mètres. Au retour ils eurent à souffrir des pluies de cendres. De son côté, le Prof^r Heilprin put arriver le 29 mai jusque tout près du cratère.

Le Prof^r Robert Hill, qui fit partie de l'expédition scientifique envoyée par les États-Unis à l'île de la Martinique, décrit le mode d'activité du Mont Pelé comme une recrudescence aiguë de phénomènes solfatariques, qui se succédaient depuis longtemps. Des phénomènes identiques à ceux de l'éruption actuelle accompagnèrent celle de 1851. Nous ne pouvons donc que nous rallier à la manière de voir du savant américain.

Les avis des experts diffèrent sur le point où il faudrait localiser l'explosion qui détruisit Saint-Pierre. Les rapports français s'accordent avec M. Hovey pour indiquer son siège dans le cratère du sommet; les Prof^rs Heilprin et Robert Hill le placent beaucoup plus bas, dans la Rivière Blanche, et l'indiquent sur leur esquisse par la désignation « Soufrière crater ». Cependant Hovey, dans une excursion entreprise le 24 juin, n'a pu trouver dans la Rivière Blanche de trace de cratère ou de centre d'éruption, et attribue à des phénomènes secondaires les indications de la carte des deux savants.

D'après un rapport fait à l'Académie par M. Lacroix, le 10 octobre, il se forme à ce moment un cône d'éruption dans le cratère (de même que pour le Vésuve après la grande éruption de 1872).

L'éruption de Santorin a duré quatre années, sans compter la persistance des fumerolles sur « Georgios I » jusqu'en 1875. Mais les phénomènes de la Martinique et de Saint-Vincent ne se présentent pas de la même manière. Il ne s'agit pas à Santorin d'explosions et d'émissions de laves par un cratère; il y eut formation d'une éminence pourvue de cratère, par suite de l'accumulation de magma fluide à une hauteur de plus de 100 mètres sur une base volcanique récente. Combien de temps a duré la formation de l'ouverture du foyer vers l'extérieur pour émettre la lave? Il n'est pas possible de le dire. On sait seulement que des explosions importantes se produisirent au sommet du cône, à des intervalles qui pouvaient durer des mois. Ce fut en avril, juin et octobre qu'on les vit apparaître pour la dernière fois. Il se forma alors un foyer accessoire de magma en fusion au-dessus du niveau de la mer, et son refroidissement produisit à son tour les phénomènes constatés vers la fin. Ce furent des exacerbations subites dans l'activité des fumerolles, des explosions de vapeurs, et même de petites pluies de cendres et de lapilli, malgré que la communication avec le foyer central fût complètement supprimée. Dès 1870, on pouvait sans crainte gravir le sommet du Georgios; la durée de l'éruption, qui débuta le 26 janvier 1866, atteint donc dix années, en y comprenant les phénomènes secondaires.

Malgré la probabilité de l'absence de foyers secondaires de lave à la Martinique et Saint-Vincent, il n'y a pas lieu d'attribuer tous les phénomènes qui se produisent dans le cratère à des exacerbations du foyer principal. Ces phénomènes

secondaires durent des dizaines d'années et même des siècles après l'éruption principale, et sont cause que beaucoup de volcans sont considérés comme persistant dans leur activité, alors que le foyer principal est depuis longtemps rentré au repos.

Au lieu de foyers secondaires en dessous des laves, il a été possible de constater dans les éruptions récentes des deux îles, l'existence d'une autre espèce de petits centres éruptifs, et c'est probablement pour la première fois qu'ils se sont présentés à l'examen scientifique. Ce n'est pas dans le magma en voie de solidification qu'on pouvait les constater, mais bien dans des accumulations considérables de cendres et de lapilli. Ceux-ci atteignaient parfois jusque 30 mètres de hauteur et conservaient encore leur température élevée. De sorte que l'eau des ruisseaux entrant en contact avec eux, il se produisit de violentes explosions, projetant les cendres et même des blocs considérables. On comprend que la masse incandescente qui remplit le cratère se prête parfaitement à la production de ces phénomènes secondaires.

Dans un édifice volcanique important, le cône d'accumulation récent ne constitue que le résidu des matériaux d'une ou de plusieurs périodes d'éruption; on ne peut donc attacher une très grande importance aux modifications qu'il présente lors d'une nouvelle éruption, bien entendu au point de vue de l'extinction du foyer. Les fentes latérales qui s'y produisent par suite des explosions locales, qui donnent en outre naissance à des masses de vapeurs ou de laves, ne permettent pas de conclure que celles-ci pénètrent jusque dans la profondeur de l'écorce solide et donnent ainsi issue à de nouvelles éruptions. Le cratère ne peut avoir d'importance notable, puisque nous savons que les écoulements de lave peuvent se produire même là où il n'existe pas. C'est notamment le cas pour le courant de lave Warat-es-Zakije, long de 30 kilomètres, au pied Sud-Est du Grand Hermon, qui a percé les couches crétacées sans produire de cratère.

Il faut espérer que les expéditions scientifiques de la Martinique nous rapporteront une topographie aussi exacte que possible du Mont Pelé et de la Soufrière. Il ne faudrait pas se contenter de vues photographiques, mais le topographe devrait exécuter un levé exact, donnant les ramifications des versants, la position et le cours des vallées, la structure des crêtes de montagne qui les séparent, les dimensions du cratère par rapport à celles de la montagne, la disposition des cônes parasitaires, la conformation du littoral, l'embouchure des vallées avec leur zone d'alluvionnement, ainsi que l'indication des localités désignées dans les rapports. Enfin, il serait de la plus grande utilité de construire des sections transversales, dans différentes directions, sur une échelle suffisamment grande et avec le plus d'exactitude possible.

L'analyse chimique des produits gazeux de l'éruption serait d'une utilité considérable, mais il sera le plus souvent impossible de les recueillir au moment du paroxysme de la catastrophe. Le Prof[r] N. Hempel nous a indiqué un procédé ingénieux qui consiste à faire l'analyse des gaz contenus dans les pores des laves encore fraîches, qu'il pulvérise à l'abri du contact de l'air.

La première annonce de la catastrophe nous portait à croire à l'apparition de phénomènes dépassant tout ce que nous avions vu jusqu'ici; mais les renseignements ultérieurs ont montré que les ruines et les morts dépassaient de beaucoup l'importance géologique de l'éruption. Ces dernières doivent être attribuées aux mêmes causes qu'à Pompéi : les asphyxies par les gaz irrespirables et les avalanches de boue.

Il n'est cependant pas possible de comparer les deux éruptions au point de vue génétique, parce que nous ne possédons pas les renseignements nécessaires. L'éruption du Vésuve en 79 indique le début de la deuxième période, à partir de laquelle la caldera de la Somma entra dans un nouveau stade de récidives actives; au Mont Pelé, ce stade a déjà débuté depuis des milliers d'années. Il se peut que l'activité du Mont Pelé persiste encore pendant quelques années, mais il est plus probable qu'il ne tardera pas à rentrer dans un repos complet. Le Mont Pelé est un volcan qui ne donne que très rarement les signes de l'activité interne de son foyer, mais par cela même il est très dangereux pour les populations voisines, parce que ses explosions sont d'autant plus importantes qu'elles sont plus rares.

C'est surtout à l'alizé du Nord-Est qu'il faut attribuer l'origine de la catastrophe de Saint-Pierre. Ce vent, qui est souvent très violent, a poussé les cendres, alors qu'elles étaient encore incandescentes, sur la ville qui n'était éloignée que de 8 kilomètres. Lorsque survinrent les éruptions des mois d'août et de septembre, le vent avait changé de direction, et ce fut au tour du Moine-Rouge au Sud et du cap Saint-Martin au Nord à souffrir des projections du Mont Pelé.

On n'est pas d'accord sur l'extension des ravages causés par les produits éruptifs. M. Hill estime que la trentième partie de l'île (pour M. Hovey la douzième partie) a été atteinte par les pluies de cendres, tandis que M. Lacroix descend encore plus bas que M. Hill, puisqu'il dit que le terrain fortement ravagé ne s'étend que dans un rayon de 2 à 3 kilomètres autour du cratère.

Des pluies de boue, causées par le mélange des cendres et des vapeurs condensées de l'atmosphère, ont été également observées. Les gouttelettes chargées de cendres se réunissent en boules plus ou moins grandes, qui viennent tomber avec violence et s'étalent en plaques de plusieurs centimètres de diamètre, ou viennent recouvrir les objets d'une couche de boue. Ce fut une pluie de boue de ce genre qui atteignit le *Roddam* pendant l'éruption du 8 mai.

Ce qui pour nous au point de vue scientifique reste capital, c'est la constatation d'une éruption de magma soit sur terre, soit sous le niveau de la mer, et il est étrange que les commissions envoyées sur place ne s'occupent guère de ce côté de la question.

Le relief sous-marin de cette région est très accidenté, et les flancs du Mont Pelé descendent jusque 2,000 et 3,000 mètres de profondeur, de sorte qu'il est difficile de déterminer de façon précise la sortie sous-marine du magma. On aurait pu peut-être arriver à quelques résultats, si l'on avait songé immédiate-

ment après l'éruption à des déterminations exactes de la température des eaux profondes.

Si nous nous référons à l'estimation de la masse projetée pendant l'éruption du Mont Pelé, nous devons nous dire qu'un millier d'éruptions de même importance ne suffiraient pas pour produire la totalité de la masse actuelle du Mont Pelé, même en n'y comprenant pas toute la partie située sous le niveau de la mer. L'activité volcanique recule donc également ici au point de vue de l'accumulation des matériaux, mais cela était déjà le cas lorsque le cône aigu du cratère actuel vint se former sur le dôme surbaissé. Le Mont Pelé est donc entré dans sa deuxième période bien avant les temps historiques, et doit être considéré comme une montagne double du type Somma-Vésuve, quoique relativement moins bien accusé.

L'île Saint-Vincent présente une forme analogue à la partie septentrionale de la Martinique ; c'est un ovale de 29 kilomètres de longueur sur 17 $^1/_2$ kilomètres de largeur. Elle présente également deux centres d'éruption : le plus considérable est complètement éteint, le massif du Grand Bonhomme, et le plus petit, encore actif, la Montagne de la Soufrière. Ce dernier occupe également le Nord de l'île, et est tout à fait isolé du massif du Sud.

La carte anglaise permet de constater l'individualité de la montagne de la Soufrière grâce à son relief caractéristique, tandis que le dessin des montagnes plus au Sud ne suffit pas pour se rendre compte de la genèse des masses volcaniques dont l'ensemble est beaucoup plus important. Cependant nous croyons pouvoir admettre ici un édifice monogène, analogue au Mont Carbet. Le massif du Grand Bonhomme atteint la hauteur de 973 mètres au centre de l'île, et descend régulièrement vers la mer dans toutes les directions, même du côté de la Soufrière. Au lieu d'une caldera unique, il présente une série de vallées en caldera, remontant vers le centre où elles ne sont séparées que par des parois très minces, comme on peut le voir aussi au Cantal et encore mieux à l'île de la Réunion. Ce massif constitue sans aucun doute le noyau de l'île. Le versant Nord du massif ne se constitue pas de la même façon que ses autres parties. Il est recouvert par une série de crêtes rayonnantes, formées par des coulées de lave. Les monts du Morne Caru se réunissent pour former le *Richmond Peak*, à 1,078 mètres. Cette élévation plus grande que le centre du massif lui-même permet de croire que nous avons affaire ici à une projection récente du foyer du Grand Bonhomme. La montagne conique de la Soufrière est limitée au Sud-Ouest par la rivière Wallibou et au Sud-Est par la *Rabaka Dry River*.

La Soufrière se montre d'emblée comme la reproduction exacte du Somma-Vésuve. La Somma de Saint-Vincent, appelée *Soufriere Mountains* par les Anglais, atteint à son maximum 1.234 mètres, et entoure de plus de moitié une caldera de 3 kilomètres de diamètre. Le cône d'éruption central a existé, mais il a été disloqué, et ses restes entourent un cratère qui avant l'éruption renfermait un lac de 1 kilomètre de diamètre. La ceinture de la caldera, très basse au Sud, s'élève au Nord

jusque 500 mètres. De sorte que le point le plus élevé des Soufriere Mountains ne dépasse guère de plus de 130 mètres le bord de la ceinture qui entoure le lac du cratère. Un cratère plus petit s'élève au bord du premier; il date de l'éruption de 1812 : c'est le *New Crater*, et l'eau s'y était également accumulée.

Une crête réunit le plateau du lac de la Soufrière au massif du Grand Bonhomme; celle-ci sert de ligne de partage aussi bien pour l'écoulement des eaux atmosphériques que pour les coulées de lave. C'est surtout vers l'Ouest que les courants des temps préhistoriques sont descendus. Du côté de l'Est, les laves sont moins abondantes. Les hauteurs de la caldera semblent, d'après le dessin de la carte, avoir été formées par une série de petites éruptions qui avaient leur origine dans la masse même de la montagne, de sorte que celle-ci ressemble plus à l'Etna qu'au

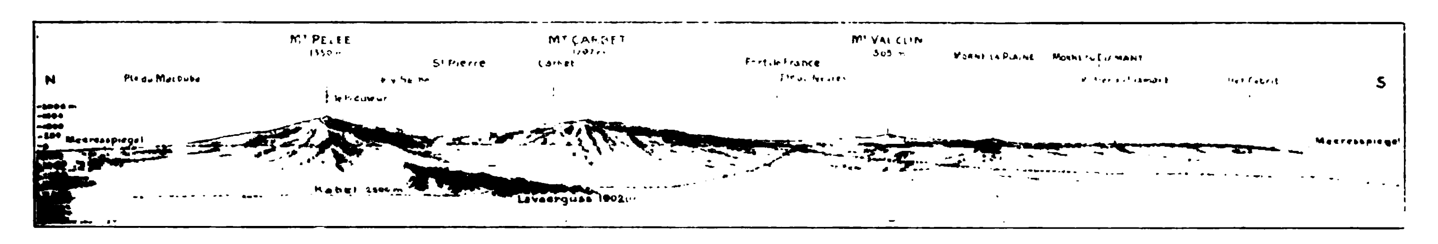


Fig. 49. — Représentation purement schématique de l'édifice éruptif de la Martinique tant émergé que sous-marin.

Le dessin représente l'éruption sous-marine qui a probablement précédé l'éruption du Mont Pelé du 8 mai et à laquelle on peut attribuer la rupture du câble télégraphique. Ce dernier est représenté par un trait pointillé.

Vésuve. Il faut noter la vallée profondément encaissée qui s'ouvre sur la côte Nord-Ouest entre *Du Vallès Point* et *Petite Baleine*, parce qu'elle sépare deux formations de montagnes distinctes. Des coulées de lave récentes se sont produites au pied oriental de la montagne non loin de la côte, là où la carte indique des *lavabeds*. Il n'y a pas de doute que depuis les temps les plus reculés la Soufrière montre une activité beaucoup plus grande que celle du Mont Pelé.

Voilà donc, d'après la carte de l'Amirauté, un nouvel exemple classique du type volcanique Somma-Vésuve.

C'est dans le lac qui remplit le cratère de la Soufrière que se produisit, dans les premiers jours du mois de mai, la violente explosion qui n'est pas encore terminée actuellement. Du rapport de M. Hovey, qui visita le cratère le 31 mai et le 4 juin, et fit l'ascension du sommet le 9 juin, nous apprenons qu'il n'y a pas eu de modification des dimensions du cratère ni de son entourage immédiat, malgré la terrifiante intensité de l'explosion et l'énorme accumulation des masses éruptives. Le 31 mai on constate à la place du lac un enfoncement conique de 200 mètres de profondeur en dessous du niveau ancien, et on y aperçoit une faible masse d'eau en ébullition. Le cratère de 1812 était intact, recouvert seulement par les masses éruptives nouvelles déjà en voie d'affaissement et d'érosion. Mais après l'éruption des 3 et 4 septembre, l'état des choses fut changé. Le cratère s'était rempli de matières

éruptives jusqu'à l'ancien niveau du lac, et dans l'enfoncement conique, qui pouvait se voir encore en partie, l'activité était devenue beaucoup plus grande qu'au mois de mai. Mais au 19 septembre tout se trouvait de nouveau disposé comme au 31 mai.

L'éruption de Saint-Vincent a commencé deux jours avant celle de la Martinique. Elle débute par des secousses locales, surtout fréquentes le 3 mai. Le 6 mai, à 3 heures de l'après-midi, survient un tremblement de terre intense, accompagné de détonations violentes. En même temps surgit du cratère une

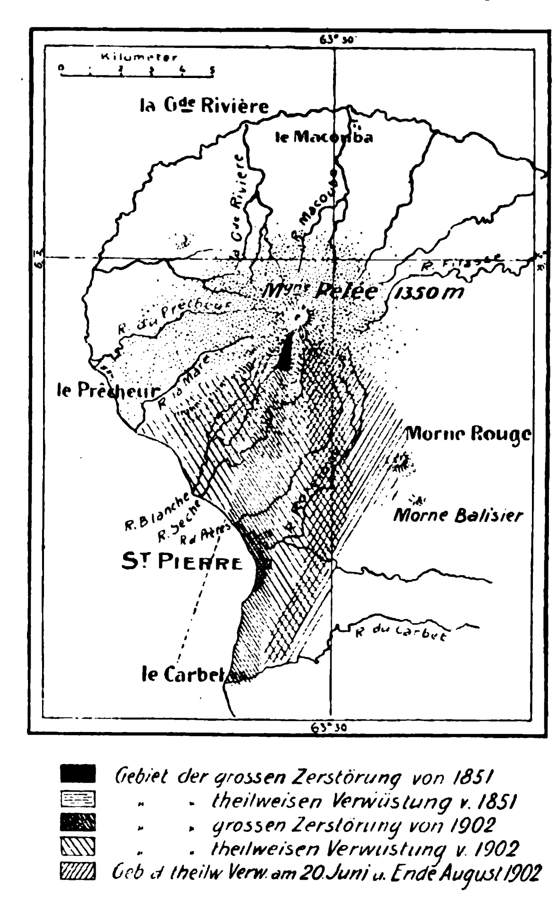


Fig. 50. — Carte du Mont Pelé montrant les zones de dévastation des éruptions de 1851 et de 1902.

D'après un croquis de Louis Forest (*Illustration*, n° 3095), complété à l'aide de documents récents.

immense colonne de fumée annonçant une éruption importante de la Soufrière. Les premières explosions furent surtout accompagnées de nuées de vapeur d'eau souvent lumineuses, mais le 7 mai les explosions redoublent d'intensité et s'accompagnent de produits d'éruption tels que bombes, fragments de scorie, et masses énormes de cendres, qui furent tout aussi funestes pour Saint-Vincent que pour la Martinique.

Fait remarquable, signalé dans le rapport de la Commission des États-Unis, les émissions de lave font également défaut ici, car les courants qui dévastèrent le

versant occidental de la Soufrière jusqu'à la côte du Wallibou étaient formés par de la boue, provenant du transport de la masse d'eau accumulée dans le cratère. Pour la Soufrière, ces courants paraissent avoir été produits par une explosion de cratère relativement peu importante, qui a précédé la grande catastrophe.

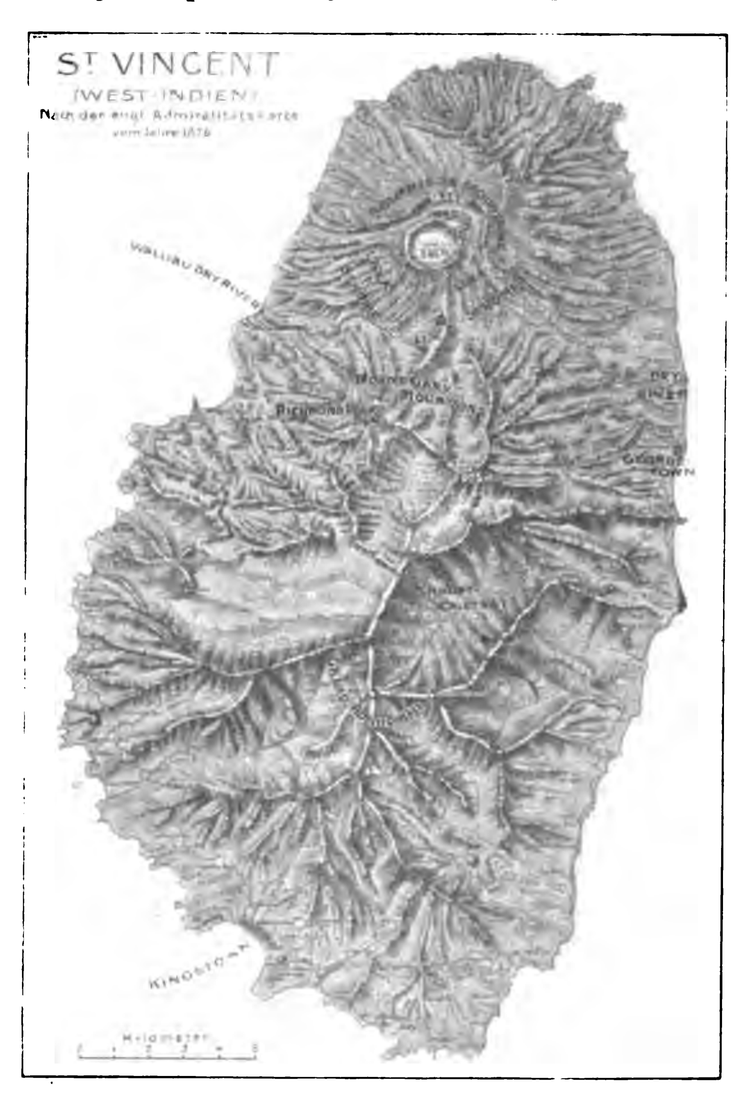


Fig. 51. — Réduction photographique de la carte de l'île Saint-Vincent (Antilles), de l'Amirauté anglaise (1876).

Ici encore nous devons admettre que la profonde cheminée du volcan a donné issue seulement à des gaz et à des vapeurs, mais que les masses en fusion plus lourdes ont trouvé une issue plus bas sous le niveau de la mer; mais il nous manque à ce sujet des renseignements précis. D'après la disposition du massif de la Soufrière, il y aurait lieu de chercher la sortie sous-marine de la lave dans le prolongement de la vallée du Wallibou, où se sont produits des déplacements à

la surface du sol atteignant jusque 3 kilomètres entre *Wallibou River* et *Morne Ronde Village;* et c'est ici que doit se trouver l'ouverture de dégagement pour le foyer profond.

Dans les deux îles, on constate le début soudain des effroyables catastrophes, de part et d'autre le champ d'action est nettement limité, et d'après la direction du vent alizé, ce sont Saint-Pierre ou Wallibou, ou Château-Belair et Georgetown

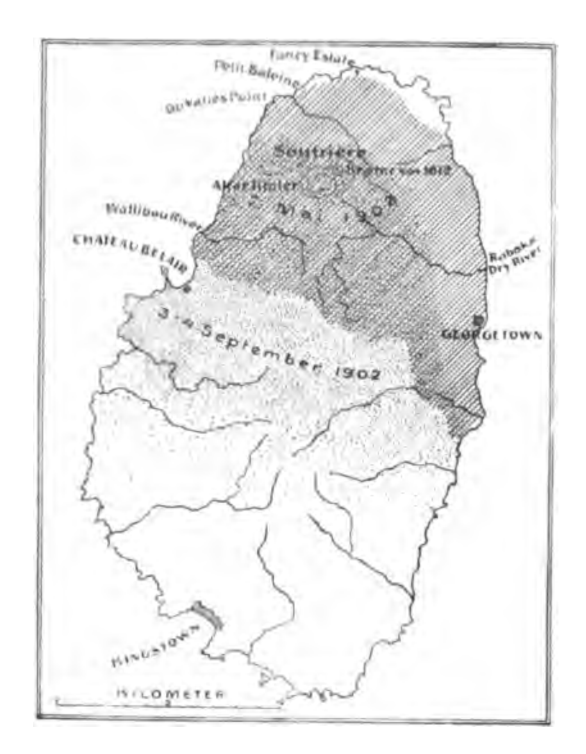


Fig. 52. — Carte des districts ravagés par les éruptions de la Soufrière de Saint-Vincent en 1902.
D'après un croquis de E. O. Hovey.

qui ont été atteints. C'est à la hauteur de 1,000 mètres que ce vent augmente rapidement d'intensité. Mais malgré l'intervention de l'agent atmosphérique, il n'est pas moins difficile d'expliquer l'action explosive des émissions gazeuses; c'est ainsi qu'une statue, dont le poids dépasse plusieurs tonnes, a été projetée à plusieurs mètres, dans un endroit si éloigné du centre de l'éruption que l'énergie des gaz éruptifs aurait dû se trouver complètement dissipée.

Saint-Vincent a souffert beaucoup plus que la Martinique par les cendres chassées par l'alizé du Nord-Est, parce que le cratère de la Soufrière est disposé de telle sorte que le vent agit selon l'axe longitudinal de la première île.

Mais le 7 mai, le vent présentait à Saint-Vincent une intensité beaucoup moindre que le lendemain à la Martinique. La colonne de fumée aurait présenté une disposition radiée, parce que, d'après M. Hovey, la colonne aurait rencontré les masses de vapeur et de cendres qui s'accumulaient au-dessus du cratère. Cepen-

dant dès le premier jour, la cendre fut transportée au Sud à une distance de 20 kilomètres, jusque Kingstown. L'Ouest aussi bien que l'Est de l'île ont été fortement atteints, mais la partie orientale eut plus à souffrir, parce qu'elle est mieux cultivée et par conséquent plus habitée.

La pluie de cendres des 3 et 4 septembre fut tout aussi désastreuse, mais seul le versant Ouest fut atteint (fig. 52). Il convient de rappeler que Saint-Vincent n'eut pas à souffrir des coulées de boue.

Ni à Saint-Vincent ni à la Martinique on n'a rencontré de faits qui n'eussent déjà été étudiés ailleurs. Cependant l'influence des agents météorologiques concomitants ne fut pas sans présenter un certain intérêt. Les éruptions survenues dans les deux îles, avec les manifestations volcaniques légères dans les îles voisines, n'ont pas atteint une importance géologiquement suffisante pour les attribuer à l'action du foyer central de la Terre, mais de leur coïncidence il faut déduire la conclusion que tous ces mouvements étaient reliés entre eux dans la profondeur de la croûte terrestre.

Quant à l'évolution des paroxysmes et des pauses, on a constaté entre le Mont Pelé et la Soufrière tantôt du synchronisme, tantôt de l'anachronisme. Pour les paroxysmes, on a noté :

Mont Pelé : 8, 20, 25 mai; 6 juin; 9, 13 juillet; 25, 28, 30 août; 3 septembre, octobre.
Soufrière : 7, 18 mai; 6 juin; 9, 13 juillet; 25, 18, 30 août; 3, 17, 21 septembre; 15 octobre.

Indépendamment de la coïncidence du début, et aussi bien le 3 septembre que le 7-8 mai, on peut constater des éruptions très importantes de part et d'autre. Cependant il faut distinguer un foyer spécial pour chacun des deux centres d'éruption, puisque, outre les petites éruptions non concomitantes actuelles, on a constaté que les catastrophes anciennes n'ont pas présenté de coïncidence. Pour la Martinique, on note une éruption douteuse en 1792 et une deuxième certaine en 1851, tandis que Saint-Vincent en présente deux, en 1718 et 1812.

Cette alternance dans l'action des volcans tend à faire admettre qu'ils proviennent chacun d'un foyer spécial, mais communiquant entre eux par un chenal plus profond. On serait porté à croire que lors des dernières éruptions, le foyer profond s'est soulevé et qu'il a affecté chacun des foyers superficiels selon que le chenal de l'un ou de l'autre était plus ou moins fermé. Ce qui vient appuyer cette hypothèse, c'est la quantité considérable de matériaux à température relativement faible qui a été expulsée pour faire place au magma venu de la profondeur.

Nous essayons d'expliquer par l'esquisse schématique ci-jointe les développements qui précèdent.

La figure 53 représente : *A* la croûte solidifiée de la planète; *B*, la couche-cuirasse, que nous supposons épaisse de 50 kilomètres; *C*, la couche des roches métamorphiques et sédimentaires, que nous évaluons à 20 kilomètres. Cette dernière représente ici la base des îles Dominique, Martinique, Santa-Lucia, Saint-Vincent.

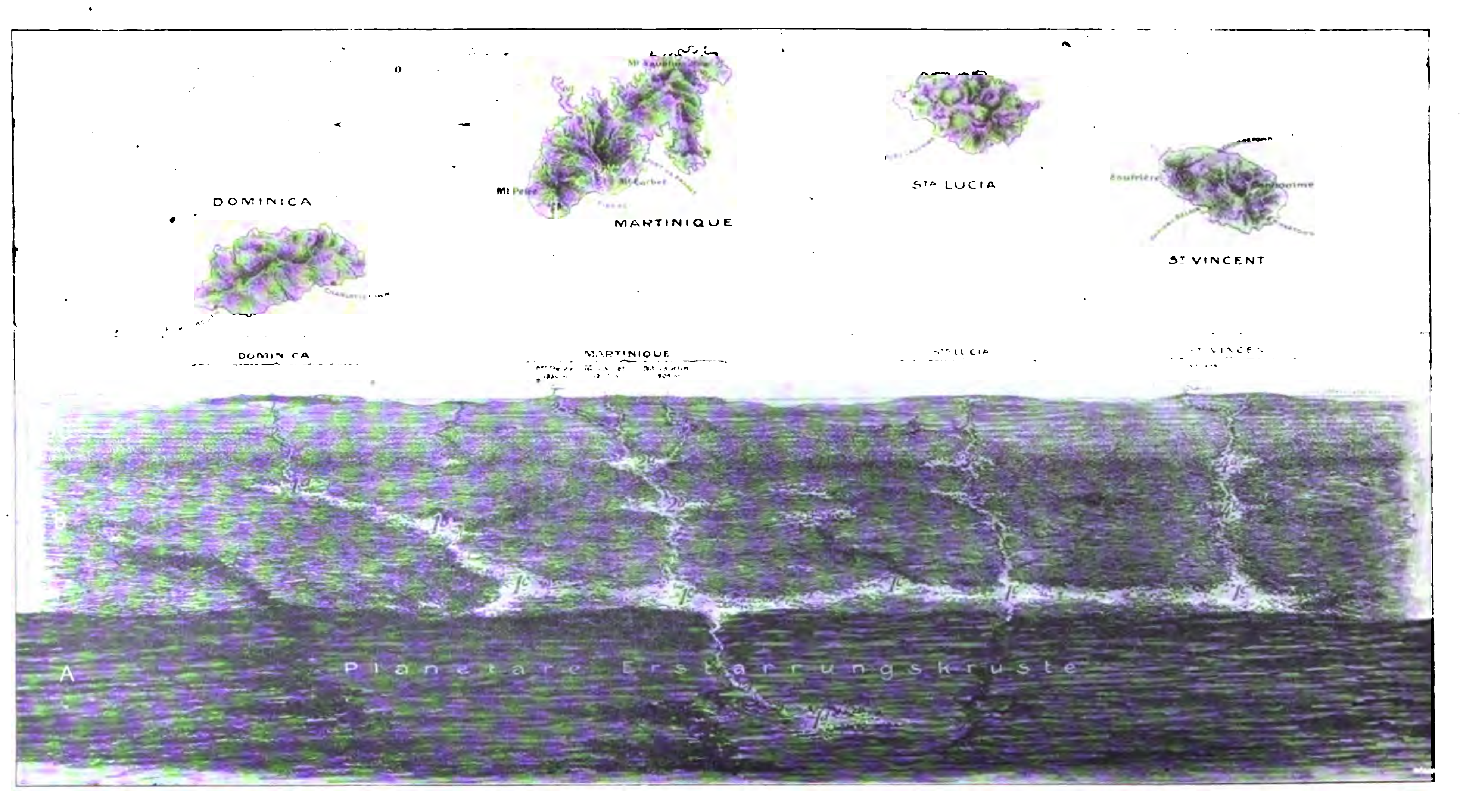


Fig. 53. — Esquisse schématique de la croûte terrestre sous les petites Antilles.

La couche-cuirasse est le siège de foyers périphériques situés à des niveaux différents. Les masses éruptives dont les sommets représentent les îles citées plus haut, proviennent des foyers 1, 2, 3, 4; et les volcans correspondants peuvent rentrer en activité par suite de l'expansion de chacun des foyers; ils peuvent aussi agir par suite de processus évoluant dans des foyers plus profonds, soit 1*a*, 1*b*, 1*c*, soit 2*a*, 2*b*, 2*c*, etc. Mais dans ce dernier cas, il n'y a pas lieu d'admettre que les matières éruptives proviennent de la plus grande profondeur; le magma provient toujours du foyer superficiel, sous l'action de l'augmentation de la pression venue de la profondeur.

Pour les éruptions récentes dans les Antilles, nous croyons que la cause première résidait dans le foyer profond 1*b*, constitué par plusieurs espaces intercommuniquants, ce qui expliquerait les coïncidences observées sur les quatre îles.

Ce qui précède explique également l'extension des régions d'ébranlement, qui sont plus ou moins étendues selon que le foyer actif est plus profond. Un système de foyers périphériques, tel que nous l'avons représenté pour les Antilles, peut également se concevoir pour le Mexique et le Guatemala. Mais nous ne nous prononcerons pas sur l'hypothèse possible de la communication de ces différents systèmes entre eux.

Si l'on nous demande lequel des deux massifs de l'île Saint-Vincent est le plus récent, nous sommes porté à répondre que la Soufrière a été formée en dernier lieu. Lorsque le foyer de Saint-Vincent se fut fermé à l'endroit où il venait de produire le Grand Bonhomme, il chercha une issue d'un autre côté, pour y amonceler les matériaux qu'il renfermait encore à l'état éruptif.

Il faudrait donc rattacher le foyer de Saint-Vincent aux types volcaniques à triple période éruptive : à la première correspond le massif du Grand Bonhomme, à la seconde, l'édifice déjà plus petit de la Soufrière, à la troisième, le passage de ce dernier à l'état actif, qui correspond à l'extinction graduelle du foyer autrefois si puissant. Si toutefois il fallait considérer le Richmond Peak comme l'incident final du centre Bonhomme, il faudrait admettre quatre périodes éruptives au lieu de trois. L'incident du Richmond Peak correspondrait alors à celui de la Soufrière devenant volcan actif, mais le stade de « volcan actif » ne s'est pas produit pour le centre Bonhomme.

L'analogie entre la partie septentrionale de la Martinique et l'île Saint-Vincent est si marquée, que nous nous voyons forcé d'admettre le même processus pour la première île, et de considérer entre le Mont Pelé et le Mont Carbet les mêmes rapports qu'entre la Soufrière et le massif du Grand Bonhomme. Pour le Sud de l'île Martinique, les renseignements dont nous disposons ne nous permettent pas de fournir des considérations suffisamment fondées.

CONCLUSIONS

à déduire des éruptions de l'année 1902 dans la Mer Caraïbe.

Nous nous sommes demandé si l'activité volcanique tendait vers l'établissement d'une communication permanente avec l'intérieur de la Terre, ou si elle n'était que l'expression de la mise en liberté de l'énergie renfermée dans un foyer nettement limité.

Si la première hypothèse répond à la vérité, le réveil du volcan ne serait que la consécration de son activité antérieure, et l'on verrait se produire au même endroit des éruptions très considérables alternant avec des éruptions très faibles suivant un ordre irrégulier, et chaque coulée de lave ne représenterait qu'une goutte de l'océan immense renfermé dans l'intérieur de la Terre. C'est là le genre d'activité que l'on a généralement admis jusqu'ici pour les volcans.

Mais à cette théorie il y a lieu d'en opposer une autre, basée sur l'étude comparée des différents volcans, qui tend à attribuer des limites définies à l'activité des volcans actuels. L'énergie qu'elle représente ne suffit pas pour produire la continuité des phénomènes éruptifs en un même endroit. L'émission du magma en fusion constitue le maximum de rendement que peut fournir un foyer déterminé, et ne représente qu'une des phases de son extinction. On ne peut donc s'attendre à voir les centres d'éruption continuer indéfiniment à produire des émissions volcaniques : celles-ci restent comprises dans certaines limites plus ou moins étroites, selon les centres. De même les recrudescences d'activité ne peuvent dépasser ces mêmes limites.

La leçon scientifique fournie par l'éruption récente du Mont Pelé consiste en ce qu'elle nous montre clairement la localisation de l'action volcanique pendant les temps présents, et cela d'autant mieux qu'un deuxième foyer situé dans le voisinage, celui de l'île Saint-Vincent, est entré en activité au même moment que le premier. Les deux foyers agissant en même temps montraient cependant une certaine indépendance l'un vis-à-vis de l'autre, ce qui n'aurait pu se faire s'il s'était agi d'un foyer central, et de plus les autres foyers de la Mer Caraïbe n'ont guère donné signe de vie. Les dernières éruptions de Dominique datent de 1880, celle de Guadeloupe de 1796, celles de Santa-Lucia probablement de 1760.

On n'a pu observer directement dans les deux éruptions l'émission de magma

en fusion, mais elle a dû immanquablement se produire sous le niveau de la mer; de sorte que nous pouvons maintenir, dans ce cas, l'aphorisme vulcanologique :

Le résultat final de toute activité volcanique est l'émission d'une certaine quantité de magma en fusion, quantité déterminée pour chaque foyer et pour chaque phase volcanique, sans qu'il y ait tendance au maintien d'un chenal de communication avec le magma en question. L'éruption permet le rétablissement de l'état d'équilibre à l'intérieur du foyer pour un temps plus ou moins long, d'après le degré d'épuisement auquel il est arrivé.

En outre, rien ne parle plus en faveur de l'existence de foyers limités périphériques, que l'émission de matières volcaniques pour ainsi dire éteintes, telles que les scories et les cendres qui ont été projetées en si grande quantité au début de la période d'éruption. Les scories se forment par le refroidissement du magma riche en gaz; mais il faut se rappeler que le foyer périphérique ne peut pas récupérer assez rapidement la chaleur perdue, par les communications qu'il présente encore avec les foyers profonds, de sorte qu'il apparaît que les foyers superficiels sont le lieu de production de masses de scories d'autant plus considérables que la partie du foyer encore en fusion ira en diminuant. Et d'ailleurs, la partie en voie d'extinction ira en augmentant à mesure que les intervalles entre les éruptions seront plus longs, de sorte que lorsque nous les voyons apparaître au jour, on peut admettre que l'activité du foyer approche de sa fin.

C'est de la lutte entre les masses éteintes et le magma incandescent à l'état actif que provient l'activité des cratères actuels qui nous paraît si effrayante, mais c'est l'accumulation de matériaux inertes sous forme de montagnes volcaniques qui finit par dominer et emprisonner l'activité interne, à moins que cette dernière ne parvienne à provoquer une nouvelle explosion, d'autant plus puissante qu'elle a été plus longtemps et plus énergiquement comprimée,

Quant à la formation des produits à l'état de grande division, les lapilli et les cendres, on peut se l'expliquer de deux manières : par explosion et pulvérisation du magma fluide, ou par le broyage mécanique des blocs de scories subissant les mouvements d'oscillation du magma dans la profondeur du chenal. Chaque explosion de gaz projette, avec les masses pulvérisées, des blocs de différents volumes, des roches en fusion, des bombes et des paquets de lave parfois à des milliers de mètres de hauteur. Mais les masses lourdes retombent dans le voisinage du cratère, même dans l'intérieur de celui-ci, pour être projetées ensuite à nouveau. Sur le Mont Pelé aussi bien que sur la Soufrière, on a rencontré comparativement très peu de lapilli et de scories, alors que les cendres fines, émises en quantités énormes, recouvraient toute la région autour du cratère.

Les cendres transportées à de grandes distances présentaient une remarquable uniformité de grain, ce qui s'explique par la séparation mécanique due au transport par le vent. Il est difficile de fixer la quantité de sables, cendres et poussières fournie par les deux éruptions, mais il est certain qu'on peut les évaluer par kilomètres cubes. Par contre, pour le magma en fusion, on ne rencontre guère

parmi les éruptions historiques, des cas où l'on puisse affirmer l'émission d'un kilomètre cube de lave. On voit donc que les éruptions de matières à l'état grenu contribuent pour beaucoup à l'épuisement d'un foyer limité, et que l'émission de ces matières, que nous avons appelées inertes ou éteintes, tend au même but que la production des coulées de lave, qui représente l'expulsion des masses volcaniques du foyer en voie de rétrécissement.

Nous avons vu que c'est le passage de la matière inerte de l'état de fusion à l'état solide qui met en liberté sa force d'expansion en même temps que sa tendance à la dilatation. Mais l'émission des matières éruptives ne paraît pas avoir pour résultat la formation de vide à l'intérieur du foyer, car, ni au Mont Pelé ni à la Soufrière, il ne faut craindre d'affaissement, il ne se produit que le retrait de la caldera immédiatement après l'édification du volcan monogène.

Les phases d'activité des foyers en voie d'extinction paraissent débuter et aussi se terminer par des projections de scories et de cendres, mais celles-ci sont de courte durée. C'est ainsi que se forment, par l'accumulation des matières éteintes, les cônes d'éruption, qui témoignent de la diminution des forces volcaniques du foyer.

Il n'est peut-être pas inutile de définir plus exactement ce que nous entendons par des termes souvent répétés plus haut, celui de montagne volcanique et celui de centre d'éruption; d'autant plus que les expressions anciennes de volcan actif et de volcan éteint paraissent ne pas répondre à la réalité des choses. Nous entendons par « volcan », une montagne qui se forme au cours d'une série de périodes d'éruptions se succédant à intervalles assez rapprochés, mais nettement séparées entre elles. Par l'expression « montagne volcanique », nous désignons une montagne présentant le caractère d'origine monogène, et qui n'a pas présenté une durée éruptive prolongée comme celle que nous avons admise pour le volcan. Mais il convient d'ajouter que cette distinction n'est pas toujours possible en fait.

Nous avons vu pour l'île Sâo Vicente du Cap Vert, que l'édifice monogène a présenté au cours d'une période éruptive unique, un léger accroissement tout à la fin de celle-ci. Nous ne devons pas ici parler de volcan, et cependant la définition de la montagne volcanique donnée plus haut ne convient pas non plus. Nous avons affaire ici à une formation résultant d'un centre d'éruption dont la phase d'activité a été double.

Il y a des centres d'éruption qui ne présentent qu'un seul volcan, de sorte que, dans ces cas, les deux conceptions ne se présentent pas distinctes l'une de l'autre, mais il est clair que la première couvre un champ plus vaste que la seconde. C'est ainsi qu'au pied du Mont Hermon, une coulée de lave très considérable sort des couches crétacées, qui ne présentent ni cratère ni soulèvement de montagne. Il ne peut donc être question ici que de centre d'éruption, mais non de volcan ni de montagne volcanique. Le centre d'éruption du Vésuve présente l'édifice monogène de la Somma et le cône polygène du Vésuve, donc une montagne volcanique et un volcan. On peut admettre par conséquent que tout un groupe de montagnes appar-

tiennent à un même centre d'éruption, de sorte que la conception de celui-ci se rattache bien plus au foyer dans la profondeur qu'à la forme de l'édifice volcanique qui se présente à la surface.

Le centre d'éruption nous représente en général l'existence d'un foyer périphérique et par conséquent localisé, en même temps que les manifestations extérieures de son activité, tant dans le passé que dans le présent, et qui peuvent apparaître en un ou plusieurs points plus ou moins rapprochés. Les montagnes qui en proviennent ne sont pour nous que des phénomènes accessoires et ne présentent de l'intérêt que pour autant qu'elles nous permettent de déchiffrer le nombre des périodes d'éruption et la modalité de l'activité du foyer. Le choix du terme « centre d'éruption », par lequel nous désignons la formation qui provient d'un foyer périphérique, nous permet de ne pas commettre l'erreur de déclarer qu'un foyer est oui ou non éteint. Nous renonçons donc au terme « volcan », qui ne correspond nullement à la montagne volcanique ni au centre d'éruption.

A la question du siège de l'activité volcanique dans les temps actuels se rattache celle de l'épaisseur de l'écorce solide de la Terre, c'est-à-dire de la croûte solidifiée par refroidissement, recouverte par les couches sédimentaires et éruptives qui sont venues s'y appliquer après sa formation.

Il faut renoncer à vouloir calculer son épaisseur à quelques kilomètres près, mais il est possible d'estimer relativement l'épaisseur à laquelle la solidification a pu pénétrer. Il nous suffirait de savoir s'il faut lui donner quelques unités, quelques centaines ou des milliers de kilomètres, et les données de la géologie et surtout de la paléontologie peuvent nous fournir une solution approximative du problème ainsi posé.

L'échelle géothermique ne constitue pas une méthode de recherche assez exacte, surtout depuis que nous savons que les granites et les gneiss, les syénites et les porphyres, les diorites et les diabases ne constituent pas la couche fondamentale, celle par laquelle a débuté la solidification du refroidissement. On a constaté en outre que l'augmentation de la température dans la profondeur ne procède pas partout de la même façon, de sorte qu'il est impossible de déduire de l'ensemble des faits observés une loi qui permette de calculer l'épaisseur de la croûte solide.

La théorie des foyers périphériques nous fait comprendre que l'échelle géothermique doit se modifier au voisinage de ceux-ci et d'après leur position plus ou moins superficielle.

Le géologue peut cependant espérer parvenir à une détermination plus rapprochée de l'épaisseur des roches sédimentaires déposées sur la fondation des roches plutoniques. Les chiffres auxquels on est arrivé présentent une valeur plus réelle. La moyenne généralement admise est de 30 kilomètres pour les couches situées au-dessus du système archéen ou azoïque. Ce dernier, d'après les recherches des géologues américains, présente une épaisseur à peu près équivalente. Nous négligerons les roches situées plus profondément, qui constituent probablement la tran-

sition entre les premiers produits éruptifs et les couches sédimentaires qui se sont déposées dès le début.

Pour les couches sédimentaires, on peut se poser la question de savoir d'où sont provenus les matériaux qui ont servi à les constituer. Il n'y a pas de doute que ce ne soient les roches plutoniques qui les aient fournis. Si maintenant nous nous rappelons qu'il se présente des séries de couches calcaires dépassant une épaisseur de 1,000 mètres et s'étendant sur des centaines de milles carrés, alors que les roches éruptives d'où elles proviennent ne renferment en général que 5 à 20 °/₀ de chaux, on hésite à estimer la masse de roches primitives dont la transformation a été nécessaire pour produire les roches calcaires en question.

Nous pouvons admettre qu'au début de la vie organique sur la Terre, la plus grande partie de cette transformation s'était déjà produite, car les conditions de sédimentation se présentaient déjà de la même façon pour les restes des organismes les plus anciens que pour ceux de nos jours. Beaucoup de savants sont d'accord pour évaluer à 600 millions d'années la durée approximative de la vie sur notre astre. Mais celle-ci ne représente que l'âge des couches récentes de l'écorce terrestre, et on en est réduit à se demander à combien il faut estimer la durée de la période de transformation des premiers produits éruptifs.

L'idée que nous parvenons ainsi à nous former au sujet de l'épaisseur de la croûte terrestre nous fait considérer celle-ci comme tellement considérable, qu'il ne nous est pas possible d'attribuer les phénomènes volcaniques de la période récente aux manifestations d'un foyer central.

Mais il reste encore à produire une série d'autres considérations qui nous permettront de nous représenter un peu plus exactement le plan de structure de la voûte gigantesque dont il ne nous est possible de voir que les inégalités de la surface extérieure. Les matériaux qui constituent ces dernières, qu'elles soient d'origine plutonique ou sédimentaire, ne proviennent pas de la croûte solidifiée en premier lieu. Entre cette dernière et les premières couches sédimentaires viennent s'intercaler les produits d'une période caractérisée par des éruptions d'une importance considérable et dont la surface de la Lune peut nous donner une idée. Il est étonnant que cette période ait été négligée par ceux qui ont voulu tracer l'évolution du globe terrestre. C'est la période pendant laquelle la surface tout entière de la croûte de solidification fut recouverte par un manteau de masses éruptives, que nous avons appelé la couche-cuirasse, lorsque nous avons parlé des bancs de magma solidifié accumulés les uns sur les autres.

Il est impossible de savoir quelle était l'épaisseur atteinte par la cuirasse lorsque sa surface a commencé à se désagréger et se transformer. On peut sans crainte d'erreur lui attribuer plusieurs kilomètres d'épaisseur, en tenant compte des dimensions du globe et du volume des masses de magma. Ce stade inévitable de l'activité éruptive de la Terre nous montre que l'astre s'est non seulement solidifié de la surface vers le centre, mais qu'il y a eu en outre un épaississement à la périphérie. Ce dernier a probablement fixé d'une façon définitive la forme et la

surface du globe, de sorte que tous les phénomènes ultérieurs, même les plus importants, n'ont pu les modifier; il en résulte que c'est à cette époque qu'il faudrait faire remonter la formation du géoïde que la géodésie cherche à déterminer si minutieusement.

Les éruptions du Mont Pelé et de la Soufrière ne sont rien auprès du foyer central emprisonné au centre de la Terre. Il ne reste donc à la vulcanologie qu'à rechercher dans des foyers périphériques limités l'origine de ces éruptions peu importantes. L'ensemble des données vulcanologiques, ainsi que nous avons essayé de les présenter, nous oblige à chercher ces foyers périphériques dans la couche-cuirasse. La particularité principale de ces foyers périphériques réside dans le fait que leur activité doit fatalement continuer à se manifester bien longtemps encore après celle du foyer central.

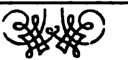
La première partie de notre travail a été consacrée aux différentes modalités de la genèse des montagnes volcaniques. Mais ces dernières ne sont pas des conséquences nécessaires de l'activité volcanique, leur formation ne dépend que de conditions accessoires. La forme normale que revêt le dépôt de magma est la forme en nappe, dont nous voyons tant d'exemples aussi bien sur la Lune que sur la Terre. On se rappellera que les plaines de laves de la Colombie britannique et du Deccan occupent des espaces de 500,000 à 600,000 kilomètres carrés sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. On retrouve des masses analogues, mais moins étendues, en Islande, en Asie Mineure, en Syrie, en Arabie et en beaucoup d'autres pays. On voit que même les montagnes volcaniques les plus considérables ne sont que peu de chose auprès de nappes aussi vastes.

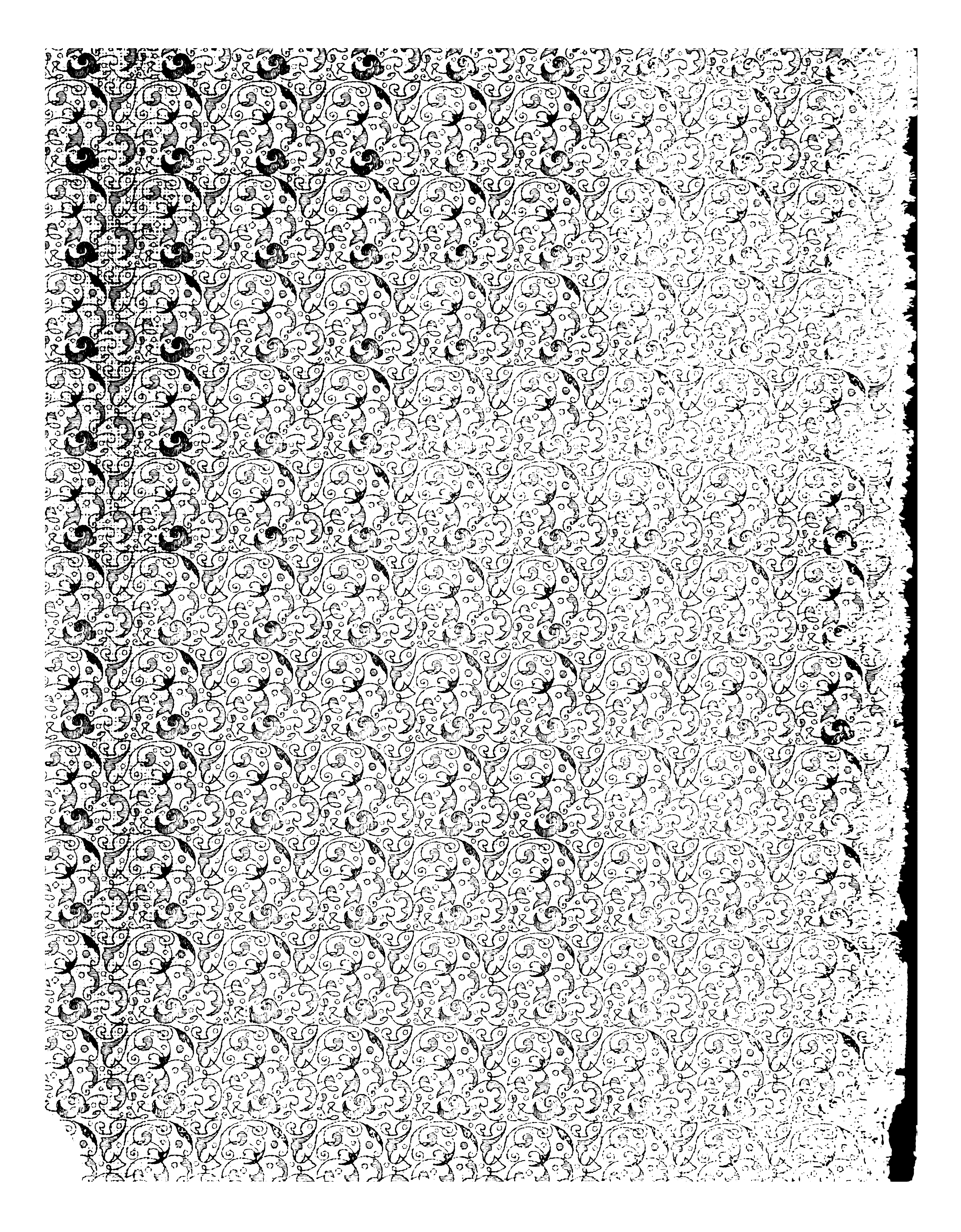
Lorsque les accumulations volcaniques se disposent sous forme de montagne, cela signifie généralement que le foyer est entré en voie d'extinction, soit par la prédominance des matériaux inertes, soit par diminution de la fluidité du magma qui ne peut plus être projeté au dehors. De même les cratères qui surmontent les montagnes volcaniques ne sont pas pour nous le résultat de forces qui continuent à élever l'édifice volcanique, mais bien l'indication de la descente des matières éruptives encore fluides après leur soulèvement, et c'est à ce phénomène qu'il faut attribuer les cavités désignées sous le nom de cratère.

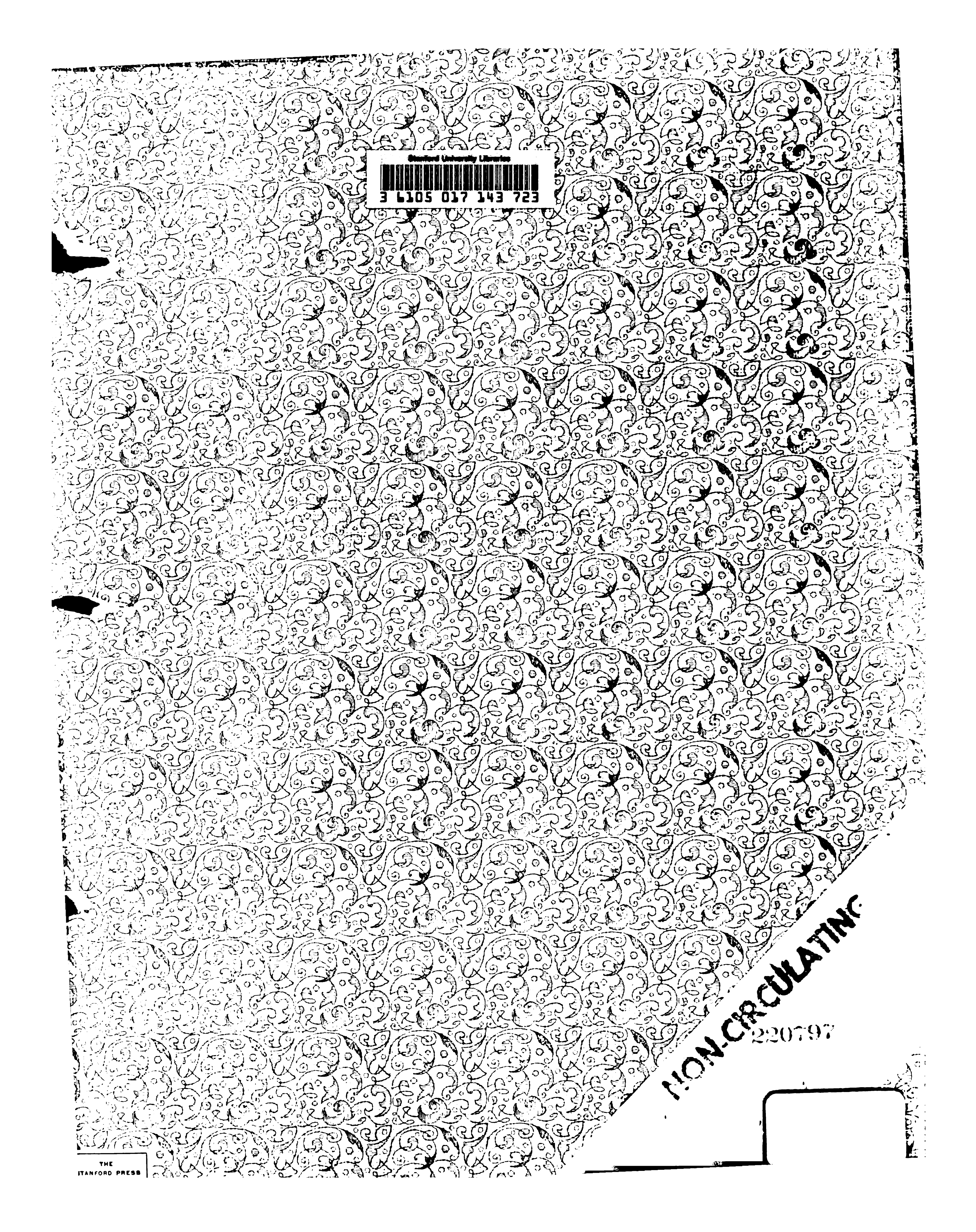
Les dépôts en nappe de grande étendue qui se sont formés pendant les dernières périodes de l'histoire de la Terre, nous intéressent encore à un autre point de vue. Ils présentent un certain degré d'analogie avec les déluges de magma en fusion qui ont recouvert la surface de la Terre pour aboutir aussi à la formation de la couche-cuirasse. La différence de volume entre les cônes éruptifs formés pendant la période historique, d'un côté, et les grands édifices monogènes anciens sur lesquels ils reposent, nous fournit l'indice de la diminution d'activité volcanique du stade actuel. Le stade précédent ou intermédiaire est caractérisé par la différence entre la formation des grandes montagnes volcaniques monogènes et les éruptions en nappe des plateaux volcaniques. Enfin, le rapport entre ces déluges de lave et les formations éruptives de la surface de

la Lune, nous montre le stade initial, celui qui a suivi immédiatement la consolidation de l'écorce. Les formations volcaniques lunaires sont de telle nature qu'elles ne peuvent être considérées que comme la conséquence du refroidissement de l'astre dans sa totalité. La comparaison de la surface déjà ancienne de la Lune avec celle plus récente de la Terre nous permet de conclure que même les plus légères manifestations volcaniques doivent finalement s'attribuer à l'état fluide par lequel la Terre a passé autrefois.

L'analyse scientifique des éruptions qui, en 1902, ont affecté la Mer Caraïbe nous a amenés à nous demander à quelle profondeur il faut localiser ces manifestations volcaniques, et s'il est permis de les rattacher à l'action du foyer central. Nous serons d'accord avec tous les géologues pour affirmer qu'il ne sera possible de se faire une idée plus ou moins exacte de l'importance qu'il faut donner aux éruptions récentes, comparativement à celles plus anciennes qui ont eu pour résultat l'édification des masses sur lesquelles reposent les deux îles, que grâce à un levé topographique très exact, à une échelle suffisante. Ce que nous savons actuellement de la morphologie et de la géologie des deux îles ne peut suffire ; aussi notre étude ne doit être considérée que comme un essai destiné à indiquer ce qu'une étude scientifique bien menée pourrait fournir de résultats heureux pour la géologie des régions en question aussi bien que pour les autres contrées volcaniques. On n'a pas malheureusement jusqu'ici cherché à donner une réponse scientifiquement basée aux questions que nous posons : Par quoi les formations volcaniques se distinguent-elles ? Quelle est la cause de l'activité volcanique ? Où gît dans la période présente le siège de cette activité ? Etc., etc. Les associations scientifiques se sont montrées jusqu'ici trop peu généreuses de leurs recommandations et assistance matérielle, mais il faut espérer qu'on ne tardera pas plus longtemps à procéder à une enquête méthodique, et que les éruptions de la Martinique et de Saint-Vincent auront au moins ce résultat heureux de contribuer à la mettre en mouvement.







Stanford University Libraries
3 6105 017 143 723
NON-CIRCULATING
220797
THE
STANFORD PRESS

